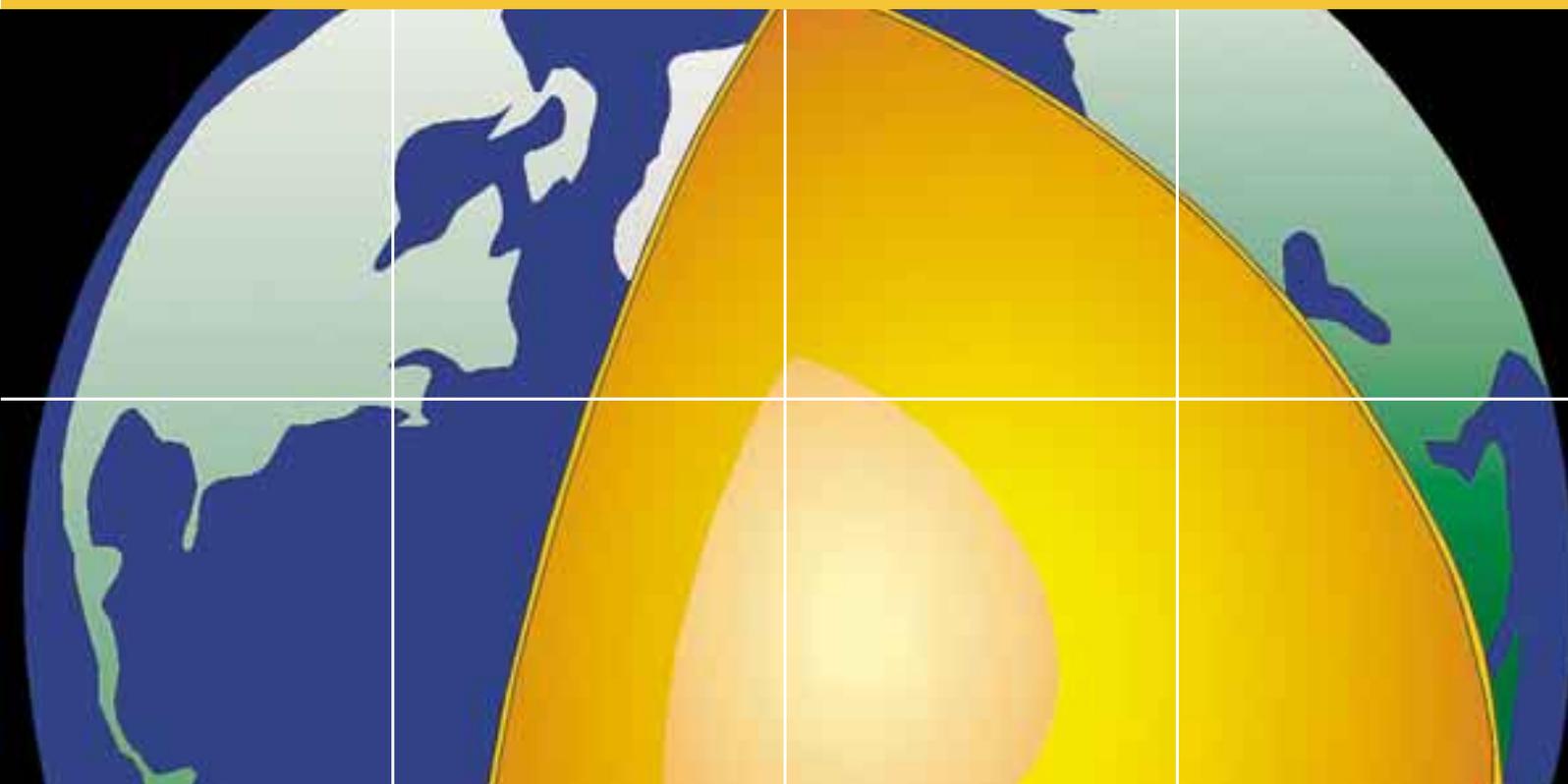


Juli 2003

# ENET NEWS

Informationen zur Energieforschung



Biomasse  
**Vom Holz zum Methan**

Geothermie  
**Stiehl nicht des Nachbars Erdwärme**

Verbrennung  
**Gemeinsam zum SwissMotor**

[www.energieforschung.ch](http://www.energieforschung.ch)

 **energie**schweiz

**BFE**

Bedürfnisse bleiben.....4

**CORE**

Geothermie hat Potenzial.....6

**ENET**

Dienstleistungen unter der Lupe.....8

Internationale Nano-Konferenz und nanofair 2003.....8

**Energiewirtschaftliche Grundlagen**

Strom für dezentrale Gebiete .....10

**Wasserkraft**

Ökologisch korrigieren .....12

**Windenergie**

Böige Bedingungen.....13

**Solarwärme**

Kälte für Medikamente .....14

**Holz**

Verbesserungen sind willkommen .....15

**Biomasse**

Vom Holz zum Methan .....16

**Geothermie**

Interviews mit den Experten .....ab 18

Stiehl nicht des Nachbars Erdwärme.....18

Im Untergrund Wärme speichern .....20

Wärme an den Portalen .....22

Kaskadennutzung .....23

Perspektiven aus der Tiefe.....24

**Umgebungswärme**

Um weniger Lärm bemüht .....26

Für kombinierte Standards forschen .....28

**Brennstoffzellen**

Schritt in Richtung Markt .....29

**Verbrennung**

Gemeinsam zum SwissMotor .....30

**Verkehr**

Auf dem Weg in die Serie .....32

**Elektrizität**

Optimieren statt verlieren.....33

**Kernenergie**

Fusion ist startklar .....34

**Gebäude**

Analysieren für neue Grundlagen.....36

**Neu erschienene Publikationen** .....37**Impressum**

ENET-NEWS

Informationen zur Energieforschung

Juli 2003 / Nr. 55

Erscheinungsweise: dreimal pro Jahr in deutscher und französischer Version

Herausgeber

Bundesamt für Energie BFE

Worbentalstrasse 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**

Rund 99 % unseres Planeten sind heisser als 1000 °C. Aufgrund dieser Tatsache bietet die Erdwärmenutzung ein grosses Potenzial für die künftige geothermische Strom- und Wärmeproduktion.

(Bild: Häring GeoProject, CH-8162 Steinmaur)

# Wärme unter unseren Füßen

Vor einigen Jahren durfte ich – nach einem zweistündigen Aufstieg und als die Sonne bereits untergegangen war – ein unvergessliches Naturspektakel geniessen: die grossen und kleinen Eruptionen des Stromboli, der aktiven Vulkaninsel im Mittelmeer, nördlich von Sizilien. Der warme Boden, auf dem ich sass und staunte, liess mich erahnen, wie viel Energie in der Erde schlummert.

Die geothermischen Nutzungsmöglichkeiten waren während meines Geologiestudiums kaum ein Thema. Wir beschäftigten uns mit Phänomenen wie Geysire und Schlammvulkane, lernten die chemische Zusammensetzung von Thermalwasser kennen und wussten, wo auf der Erde Vulkanismus auftreten kann. Die Tatsache, dass 99 % unserer Erde heisser als 1000 °C und nur 0,1 % kühler als 100 °C ist, weist jedoch darauf hin, welch ein unerschöpfliches Potenzial die Erdwärme für unsere Energieversorgung hat.

Zur Wärmeversorgung von Gebäuden setzt man heute in zunehmendem Masse Erdwärmesonden und so genannte „Energiepfähle“ ein, wobei die gewonnene Erdwärme dann mit Wärmepumpen auf die gewünschte Heiztemperatur angehoben wird. Mit einer enger werdenden Zusammenarbeit zwischen der Fördergemeinschaft für Wärmepumpen (FWS) und der Schweizerischen Vereinigung für Geothermie (SVG) konnte inzwischen der Austausch von Know-how verstärkt und damit die Marktbearbeitung intensiviert werden. Geothermie reicht jedoch tiefer als die Erdwärmesonden.

Optimierungen bei der Thermalwassernutzung verringern den zusätzlichen Energiebedarf dieser Anlagen; Tunnelwasserinstallationen bieten ein weiteres willkommenes Zusatzangebot an definierten Standorten in Portalnähe. Und noch tiefer unten lassen sich die heissen Gesteine zur Erhitzung von eingeleitetem Wasser brauchen. Damit wird sich Bandenergie in Form von Wärme und Strom erzeugen lassen. Viel versprechende Projekte warten auf ihre Realisierung. In Basel sind bereits Sondierbohrungen vorgenommen worden. Die Finanzierung für eine Weiterführung dieser wichtigen Pilotanlage ist leider noch nicht sichergestellt.

Wir haben in der Schweiz also noch viel zu tun! Geführt und begleitet von zielorientierter Forschung und Entwicklung können wir die Erdwärme an die Oberfläche bringen. Dies sogar mit einem guten Gewissen, denn die Erde versorgt uns nachhaltig und äusserst umweltschonend.

**Kathy Riklin**

Nationalrätin,  
Präsidentin der Schweizerischen Vereinigung für Geothermie (SVG)

## Energie-Forschung 2002

Die in der Publikation „Energie-Forschung 2002“ zusammengefassten Überblicksberichte der BFE-Programmleiter vermitteln verdichtete Informationen über die im Jahr 2002 realisierten Vorhaben der Energieforschung und -entwicklung sowie der Pilot- und Demonstrationsanlagen.

Mit Fördermitteln, die subsidiär zu den Anstrengungen der privaten und öffentlichen Forschungsstellen verwendet werden, setzt das Bundesamt für Energie (BFE) das Konzept der

Energieforschung des Bundes um. So unterstützte das BFE im vergangenen Jahr 230 F+E- sowie 220 P+D-Projekte, welche eine breite Forschungskompetenz in der Schweiz und ein hohes Engagement bei der Suche nach innovativen Lösungen illustrieren.

Im Bereich der rationellen Energienutzung sind beispielsweise das Fassadenelement mit integriertem Latentwärmespeicher und Sonnenschutz, Leichtbaumodule mit Faserverbundstoffen für Personenwagen, die Entwicklung eines Antriebsstrangs mit Brennstoffzellen und Supercaps für Personenwagen sowie die Katalysatorenforschung für Dieselmotoren zu erwähnen.

Grosse Beachtung fand im Bereich der erneuerbaren Energien die Montage der 800-kW-Windkraftanlage auf dem Gütsch oberhalb Andermatt, der weltweit höchstgelegenen Anlage dieser Leistungsklasse. Im Weiteren können u.a. wesentliche Fortschritte bei der Integration von Photovoltaikmodulen und bei geothermischen Projekten vermeldet werden.

Energie-Forschung 2002:  
[www.energie-schweiz.ch](http://www.energie-schweiz.ch) (Forschung)  
[www.energieforschung.ch](http://www.energieforschung.ch) (Publikationen)



# Bedürfnisse bleiben bestehen

## Konsequenzen der Abstimmung über die beiden Kernenergie-Initiativen für die Energieforschung

An 18. Mai 2003 hat das Schweizer Stimmvolk entschieden, die Kernkraft weiterhin zu nutzen und den gegenwärtigen Strommix unverändert zu belassen. Die bestehenden Anlagen können mit der jeweils von der Aufsichtsbehörde (HSK) bewilligten Betriebsdauer kalkulieren. Das neue Kernenergiegesetz (KEG) wird die Grundlage für den Betrieb der Kernkraftwerke, die Lagerung und Neubauten bilden.

Welchen Einfluss wird dieser Volksentscheid auf die Forschungsaktivitäten im Bereich der Kernenergie haben?

### Sicherheitsaspekte verlangen kontinuierliche Forschungsanstrengungen

Walter Steinmann, Direktor des Bundesamts für Energie (BFE) erläutert die aktuelle Situation: „Wir haben bei der Fissionsforschung (Kernspaltung) bisher als Schwerpunkte die Sicherheit von Kernreaktoren und die Entsorgung radioaktiver Abfälle betrachtet. Daran wird sich nichts

ändern, denn sowohl für den Betrieb als auch die Lagerung sind höchste Sicherheitsstandards einzuhalten und langfristig zu gewähren. Deshalb werden die entsprechende Forschung, aber auch die notwendige Schulung der Fachleute sowie die Studienmöglichkeiten für Wissenschaftler und Ingenieure weiterhin von grösster Bedeutung bleiben.“

Das Zentrum der Forschungsaktivitäten im Bereich der Kernspaltung liegt bei der Abteilung „Nukleare Energie und Sicherheit (NES)“ des Paul Scherrer Instituts (PSI). Hier werden entsprechende Forschungs- und Entwicklungsprojekte durchgeführt und für Doktoranden und Diplomierende geeignete Forschungsarbeiten bereitgestellt. Dabei wird der Nachfolger von Wolfgang Kröger, des bis Mai 2003 verantwortlichen NES-Leiters, eine wichtige Rolle spielen. Die Lehre konzentriert sich hingegen vor allem auf die beiden Eidg. Technischen Hochschulen in Zürich und Lausanne.

Die Forschungsarbeiten erfolgen in Zusammenarbeit mit internationalen Organisationen, Instituten und Betreibergesellschaften. Die sicherheitsrelevanten Fragen sind von Bedeutung für die ständige Nachrüstung der in Betrieb stehenden Anlagen auf den neuesten Stand der Technik.

### Finanzmittel für Kernenergieforschung nehmen seit 1980 ab

Der Bund unterstützt die Kernenergieforschung (Spaltung und Fusion) jährlich mit insgesamt ca. 50 Mio. Franken. Dabei stammt der weitaus grösste Anteil von ca. 35 Mio. Franken vom ETH-Rat. 12 Mio. Franken sind Beiträge des BBW. Davon stehen 3 Mio. der europäischen Zusammenarbeit bei der Kernspaltung zur Verfügung. 9 Mio. sind als Schweizer Beitrag für das EURATOM-Programm „Kernfusion“

## Trinationale Energiekonferenz

„Energiepolitik – globale Herausforderung, regionale Antworten“ war das Motto der zweitägigen, trinationalen Konferenz, die im März 2003 in Freiburg im Breisgau stattgefunden hat. Walter Steinmann, Direktor des Bundesamts für Energie BFE, präsentierte als Vertreter der Schweiz das Programm EnergieSchweiz, mit welchem die energie- und klimapolitischen Ziele verfolgt werden. Im Mittelpunkt seiner Erläuterungen standen die jeweiligen Massnahmen und Projekte, die in den vier Tätigkeitsfeldern Gebäude, Mobilität, Wirtschaft und erneuerbare Energien bereits eingeleitet oder geplant sind. Dabei wies er insbesondere auf diejenigen Themen hin, die einen starken grenzüberschreitenden Aspekt enthalten, wie den Wärmeverbund Riehen/Lörrach sowie die Zusammenarbeit bei der Entwicklung der Geothermie mit dem

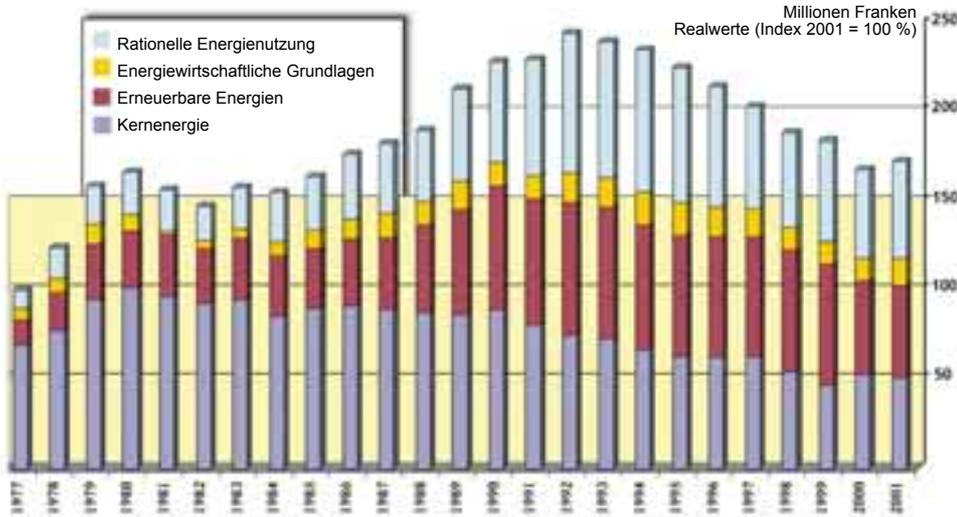
DHM-Verfahren. Im Weiteren erwähnte er auch die Tatsache, dass in Basel als Pilotregion der „2000-Watt-Gesellschaft“ verschiedene Gebäude- und Mobilitätsprojekte verfolgt werden, die einen trinationalen Austausch an Informationen begünstigen werden.

Klaus Töpfer, Direktor der UNEP (UN Environment Programme), wies auf die globalen Veränderungen der Umwelt hin und brachte Klimaschutz sowie nachhaltige Energien in einen engen Zusammenhang mit der internationalen Friedens- und Sicherheitspolitik.



An der trinationalen Energiekonferenz konnte Walter Steinmann, Direktor des Bundesamts für Energie BFE, das Programm EnergieSchweiz einem internationalen Publikum erläutern.

(Foto: Umweltschutzamt Stadt Freiburg)



Die Übersicht über die Bundesfinanzmittel für die Energieforschung zeigt den stetig abnehmenden Anteil der Kernenergie und den rasanten Rückgang der summierten Aufwendungen.

vorgesehen, wovon ca. 80 % wieder für entsprechende Forschungsaufträge in die Schweiz zurückfliessen. 2 Mio. Franken pro Jahr sind Aufträge der Aufsichtsbehörde (HSK) für wissenschaftliche Untersuchungen. Und etwa 1 Mio. Franken kommen als Forschungsbeiträge vom Nationalfonds (SNF) für Arbeiten von Hochschulen im Kernenergiegebiet.

Walter Steinmann: „Seit 1980 – als die Gesamtsumme nach heutigem Geldwert noch bei 100 Mio. Franken lag – verzeichnen wir eine beinahe kontinuierliche Abnahme der öffentlichen Finanzmittel für die Kernenergie. Heute werden diese Mittel etwa hälftig auf die beiden Technologien Kernspaltung und -fusion aufgeteilt. Wir gehen davon aus, dass der langfristigen interessanten Option der Kernfusion eine Chance gegeben werden muss. Eine weitere Reduktion der öffentlichen Mittel wird sich wohl nur realisieren lassen, wenn sich die Privatwirtschaft stärker engagiert. Nach dem doppelten Nein vom 18. Mai sollte sie dazu einen Ansporn haben.“

### Internet-Links

Das Bundesamt informiert über die Kernenergie

[www.energie-schweiz.ch](http://www.energie-schweiz.ch)

(Fakten – Energieträger – Kernenergie)

Die Hauptabteilung für Sicherheit der Kernanlagen (HSK) ist dem BFE unterstellt

[www.hsk.psi.ch](http://www.hsk.psi.ch)

CORE-Konzept der Energieforschung des Bundes 2004 – 2007

[www.energie-schweiz.ch](http://www.energie-schweiz.ch)

(Forschung – Strategie)

PSI-Forschungsbereich Nukleare Energie und Sicherheit (NES)

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

Kernfusionsforschung im EPFL-Zentrum für Plasmaphysik

<http://crppwww.epfl.ch>

## SWISS TECHNOLOGY AWARD an der Hannover-Messe 2003

An der Industriemesse 2003 in Hannover präsentierte der Schweizer Technologie-Preis verschiedene innovative Forschungs- und Entwicklungsarbeiten auf einem gemeinsamen Stand. Darunter befanden sich auch die neuesten Aktivitäten vom Paul Scherrer Institut (PSI) und der ETH Zürich, beispielsweise das vom BFE unterstützte Projekt eines mobilen Brennstoffzellen-Aggregats PowerPac, für dessen Umsetzung Industriekontakte gesucht werden.



Walter Steinmann (Mitte), Direktor des Bundesamts für Energie BFE, beim Besuch des Ausstellungsstandes SWISS TECHNOLOGY AWARD in Hannover.

Bereits an der CeBIT in Hannover wurde das Anfang 2003 mit dem BFE-Sonderpreis „Ressourcen schonen“ ausgezeichnete Internet-Fernbedienungs- und Messgerät C.IT (see it) der Avelon Cetex Technologie AG, CH-6014 Littau, gezeigt. Das handliche Gerät ermöglicht via Internet ein bedarfsorientiertes An- und Ausschalten, Messen und Regeln von herkömmlichen Geräten in Haushalt und Gewerbe.

Jürgen Trittin, deutscher Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit betonte, dass Klimaschutz auch ökonomisch sinnvoll sei, doch brauche es mittelfristige Ziele und Meilensteine, damit man die grossen Vision auch erreichen könne.

Die Konferenz hat im Rahmen der Arbeitsgruppen am zweiten Tag auch sieben Thesen für regionales Handeln besprochen, mit denen eine grenzüberschreitende Initiative zur nachhaltigen Energieversorgung und zum Klimaschutz angeregt wird.

# Geothermie hat Potenzial

Die Nutzung von Erdwärme bietet nachhaltige Wärme und bald auch Strom

Geothermie – das Schwerpunktthema der vorliegenden Ausgabe der ENET-NEWS – ist die einzige Energieform der neuen erneuerbaren Energieträger, welche ununterbrochen zur Verfügung steht und keine zusätzliche Speicherung benötigt. Zudem ist das Erdwärmepotenzial praktisch unerschöpflich, so dass eine nachhaltige Nutzung gewährleistet wird.

Ernst Jakob, Vorsteher der Abteilung Energiewirtschaft des Berner Wasser- und Energiewirtschaftsamtes, ist als CORE-Mitglied für die Betreuung der Forschungsprogramme Kleinwasserkraftwerke und Windenergie zuständig; bis vor kurzem oblag ihm aber auch die Geothermie.

## CORE-Jahresbericht 2002

Der neu erschienene Jahresbericht 2002 der CORE (ENET-Nr. 230062) gibt Auskunft über die Kommissionsaktivitäten, die Beratung der Behörden sowie die Begleitung der Forschungsprogramme. Im Vordergrund stand 2002 die Erarbeitung des neuen Energieforschungskonzepts für die Jahre 2004 – 2007, das sowohl für das Parlament, die Behörden als auch für die Forschungsszene wesentliche Leitlinien vorgibt.

Weitere Informationen bei Energie Schweiz:

[www.energie-schweiz.ch/internet/00274/index.html?lang=de](http://www.energie-schweiz.ch/internet/00274/index.html?lang=de)

### Wie beurteilt die CORE die Forschung und Entwicklung von geothermischem Wissen und Technologien zur Erdwärmennutzung?

Wir haben heute bereits gute Kenntnisse über die Geothermie, so dass in vielen Bereichen einer kommerziellen Anwendung nichts mehr im Wege steht. Im Gegenteil: Geothermie wird weltweit in einigen Ländern seit Jahrzehnten genutzt. Bei der „untiefen“ Geothermie hat bei uns im Zusammenhang mit der vermehrten Installation von Wärmepumpen ein regelrechter Aufschwung eingesetzt. Die tiefe Geothermie ist in der Schweiz jedoch erst in Einzelfällen im Einsatz oder auf dem Weg zur Anwendung. Es lohnt sich daher, unser international anerkanntes Know-how auf diesen Gebieten zu erhalten und auszubauen.

### Wie sollen Ergebnisse der Geothermieforschung in der Schweiz sinnvoll umgesetzt werden?

Unsere traditionellen Erfahrungen in der Maschinenindustrie und im Engineering sind geeignet, hier eingesetzt zu werden. Ich verweise da z.B. auf Firmen, welche

### „Bei der ‚untiefen‘ Geothermienutzung hat ein markanter Aufschwung eingesetzt.“

bereits heute Wärmepumpen herstellen oder Anlagen planen und realisieren. Für alle Arten der Geothermie ist ein Heimmarkt vorhanden. Damit bestehen gute Aussichten, dass unsere Wirtschaft daneben auch vermehrt Know-how exportieren kann.

### Welche Massnahmen zur Förderung der Geothermie sind aus Ihrer Sicht sinnvoll?

Die untiefe Nutzung, also mit Erdwärmesonden, Grundwasserbrunnen, Erdpfählen, Wärmekörben usw., ist bereits heute meist wirtschaftlich. Hier geht es um weitere Kostensenkungen, verbesserte Planbarkeit und umweltgerechten Einsatz. Bei der tiefen Geothermie steht das Hot-Fractured-Rock-Verfahren im Mittelpunkt. Dabei handelt es sich um eine Technologie zur Erzeugung von Wärme und Strom. Dafür sind noch wesentliche Forschungs- und

Hajo Leutenegger, Direktor der Wasserwerke Zug AG (WWZ), Präsident des Verbands der schweizerischen Gasindustrie (VSG), Nationalrat und Mitglied der UREK (Kommission für Umwelt, Raumentwicklung und Energie), ist seit Dezember 2002 neues Mitglied der CORE, der Eidg. Energieforschungskommission.



Hajo Leutenegger

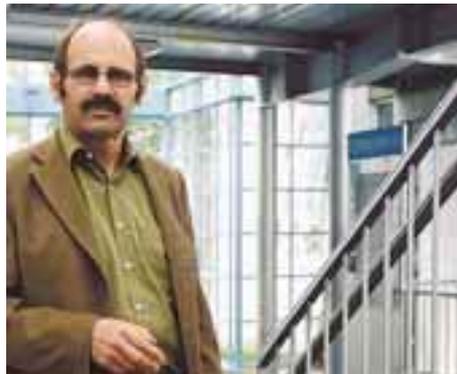
### Welche Erwartungen haben Sie von der Arbeit in der CORE?

Ich sehe mich als einigermassen fachkundiges Bindeglied von Politik und Forschung, wozu mir meine berufliche Ausrichtung als Ingenieur im Energiesektor zustatten kommt. Ich hoffe, politische Überlegungen in die CORE einbringen und gleichzeitig meine Kenntnisse im Energiefach erweitern zu können, nicht zuletzt im Interesse der Energiepolitik unseres Landes. Ich habe bis jetzt an zwei Sitzungen teilgenommen und einen sehr interessanten, kompetenten Kreis angetroffen.

Entwicklungsarbeiten im Bereich der Energiegewinnung notwendig. Wenn das Ziel einer wirtschaftlichen Nutzung erreicht werden kann, dürften an die 10 % unseres Energiekonsums mit Erdwärme gedeckt werden können. Wir beurteilen die Chancen dazu als gut.

### **Sind Risiken bei der Nutzung von Geothermie zu erwarten?**

Ich erwarte eigentlich keine wesentlichen Probleme. Allerdings gibt es hier noch Forschungsbedarf. Man kann die Erde und deren geologische Schichten nicht beliebig und ohne genügendes Wissen perforieren. Wir müssen die Vorgänge in der Tiefe noch besser verstehen, um eine wirtschaftliche und umweltverträgliche Nutzung vornehmen zu können. Insbesondere müssen wir genauer abschätzen können, wie lange wir die Geothermie aus einer Bohrung nutzen



*Ernst Jakob: „Es lohnt sich, unser Know-how auf dem Gebiet der Geothermie weiter auszubauen.“*

können. Beim un tiefen Einsatz in Verbindung mit Wärmepumpen sind diese Fragen schon weitgehend beantwortet; eine effiziente Planung findet bereits heute statt.

### **Für welchen Zweck lässt sich die Abwärme aus unseren Tunneln einsetzen?**

Hier handelt es sich nur teilweise um Forschungsaufgaben. Unsere Alpentunnel können grosse Mengen an Niedertempe-

### **„Man darf die geologischen Schichten jedoch nicht beliebig perforieren.“**

ratur-Wärme liefern. Das Problem stellt sich mehr bei deren Nutzung, da sich an den Portalen meist nur wenige Abnehmer von Heizwärme befinden. Alternative Anwendungsmöglichkeiten wie Treibhäuser und Wellness-Anlagen bieten daher interessante Optionen.

### **Wie sehen Sie die Positionierung der CORE in Bezug auf die Energieforschung?**

Die CORE ist ein klassisches Expertenteam ohne Weisungsbefugnis. Sie erfüllt als beratendes Fachgremium eine wichtige Aufgabe zu Gunsten und im Auftrag der Bundes-

### **„Der Schutz der Grundwasservorkommen ist mir ein grosses Anliegen.“**

behörden. Die Forschungsimpulse müssen meines Erachtens aber dessen ungeachtet aus den Kreisen der Wissenschaft kommen.

**Die vorliegende Ausgabe der ENET-NEWS hat als Schwerpunkt das Programm Geothermie. Sie sind mit den beiden erdbezogenen Energieformen Wasser und Erdgas bestens vertraut. Wie schätzen Sie aber die Geothermie ein?**

Ich habe die CORE-Aufgabe neu übernommen und muss mich noch in verschiedene

Gebiete vertiefen. Immerhin erlaube ich mir bereits jetzt einige Feststellungen. Ich bin überzeugt, dass Geothermie ein bedeutendes Potenzial hat und in unserem Land künftig eine entsprechende Rolle spielen kann. Allerdings sind einige Aspekte noch weiter zu erkunden. Da ich auch als „Wasserversorger“ tätig bin, ist mir der Schutz der Grundwasservorkommen ein grosses Anliegen. Das Durchstossen von geologischen Schichten kann zu „Kurzschlüssen“ der Grundwasserströme führen, was die Qualität beeinträchtigen kann, beispielsweise in Bezug auf den Sauerstoffgehalt. Ein weiterer Gedanke gilt der Wärmenutzung. Will man Raumwärme gewinnen, braucht es geeignete Fernwärmenetze – wie sie etwa in Basel und wenigen anderen Städten vorhanden sind. Deren Aufbau ist sehr teuer und zeitaufwändig. Dazu kommt, dass Liegenschaftsbesitzer kaum gezwungen werden können, ihre bestehende Heizung aufzugeben und an ein Fernwärmenetz anzuschliessen – es sei denn in Neubaugartieren. Man wird deshalb mindestens vorübergehend (für Jahre) parallele Energieversorgungen haben, also ein Gas- und ein Fernwärmenetz, was für die Wirtschaftlichkeit beider kritisch ist.

### **Welche Prioritäten setzen Sie für ihre Arbeit in der CORE?**

Massgebend bleibt der Energieartikel unserer Bundesverfassung. Die Energieforschung soll zu einer ausreichenden, sicheren, günstigen, breit gefächerten und umweltverträglichen Energieversorgung unseres Landes beitragen. Dies gilt erst recht in Zeiten knapper Mittel; vielleicht muss man sich eher auf langfristig wirksame Projekte konzentrieren. Die Anforderungen an die CORE werden unter diesen Vorzeichen nicht geringer. Ich werde in mei-

### **„Forschungsimpulse müssen von der Wissenschaft kommen.“**

ner politischen Tätigkeit immer wieder auf die Bedeutung der Forschung hinweisen. Mir ist sie wichtiger und lieber als jegliche Subvention, weil sicherlich nachhaltiger.

# Dienstleistungen unter der Lupe

Leserumfrage ergibt wichtige Hinweise zur Beurteilung und Ausrichtung der ENET-Informationsplattform

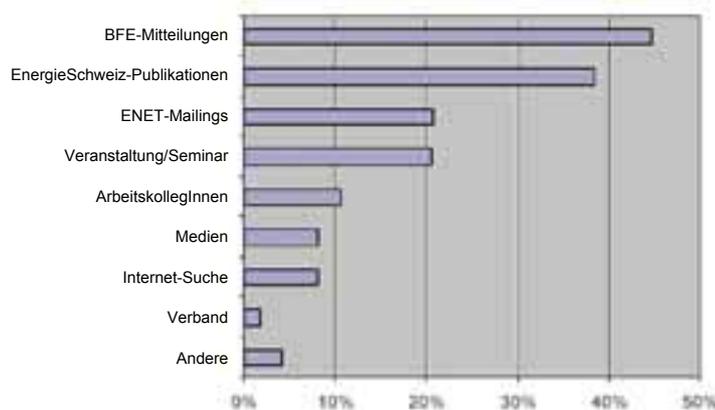
**Joëlle Mathey**  
Projektleiterin  
evaluanda  
CH-1205 Genève

**Gerhard Schriber  
Christophe  
de Reyff**  
Bundesamt für  
Energie (BFE)  
CH-3003 Bern

Die Auswertung des Fragebogens, welcher der ENET-NEWS-Ausgabe vom Dezember 2002 beigelegt war, ist inzwischen abgeschlossen worden. Rund 600 Personen, also 10 % der Leserschaft, haben mit ihren Antworten dazu beigetragen, einen vertieften Überblick über Kenntnisse und Benützung von Dienstleistungen der ENET-Informationsplattform zu erhalten. Durch die spezifischen Fragen zu den ENET-NEWS kann nun das Bundesamt für Energie die Akzeptanz, Beurteilung und Verbesserungsmöglichkeiten deutlicher erkennen. Der Rücklauf der Fragebogen entspricht in etwa dem Versandschlüssel der Zeitschrift: 68 % kamen aus der Deutschschweiz, 25 % aus der Romandie, 6 % aus dem Tessin und 1 % aus dem Ausland.

## ENET als Angebot des Bundesamts für Energie

Mit der Frage nach den Kanälen, durch welche die Leserinnen und Leser von den



Dienstleistungen von ENET erfahren haben, konnten die bisherigen Annahmen erfreulicherweise bestätigt werden: Es handelt sich dabei vor allem um die Aktivitäten des BFE und die Publikationen von EnergieSchweiz. Danach werden die Mailings von ENET sowie die an Veranstaltungen und Tagungen aufgelegten Ausgaben der Zeitschrift genannt.

*Über welche Kanäle haben die Leser und Leserinnen der ENET-NEWS von den ENET-Dienstleistungen erfahren?*

## Internationale Nano-Konferenz und nanofair 2003

Seit die Nobelpreisträger Gerd Binnig und Heinrich Rohrer mit ihrem Rastertunnelmikroskop erstmals einzelne Atome wie Tennisbälle sichtbar machten, dringen Forschende in die faszinierende Welt des Nanometers vor. Ihre Entdeckungen beginnen unseren Alltag zu revolutionieren: Nanopulver für umweltfreundliche Brennstoffzellen, Wundpflaster mit eingebautem Nano-Desinfektionsmittel, Nano-Farbanstriche, welche Keime und Schmutz selbstständig abbauen, Nanokügelchen für den Transport von Wirkstoffen im Körper und die Entwicklung neuer Medikamente.

### Potenziale sichtbar machen

In Produkten, die auf Nanotechnologie basieren, steckt grosses Potenzial für wirtschaftliches Wachstum und Arbeitsplätze, weshalb Forschende rund um den Erdball fieberhaft an innovativen Entwicklungen arbeiten. Zu den führenden Nationen gehört – neben Japan, den USA und England – die Schweiz. Wie dynamisch sich die Schweizer Nanotechnologie entwickelt, zeigt die nanofair, die internationale Messe für Nanotechnologie, die vom 9. – 11. September 2003 auf dem OLMA-Areal in St. Gallen stattfinden wird. Ihr Ziel ist es, an Nanotechnologie Interessierte aus Wirtschaft, Forschung und Bildung zusammenzubringen. Auf 11'000 Quadratmetern Ausstellungsfläche präsentieren Forscherinnen und Forscher ihre ak-

tuellen Arbeiten, in Nanotechnologie tätige Unternehmen stellen ihre Produkte vor, Bildungsinstitute zeigen, wie sie Studierende auf das „Nano-Zeitalter“ vorbereiten.



### Applikationen in der Energietechnik

Für den Einsatz der Nanotechnologie in der Energietechnik ist dieser Anlass besonders interessant, denn spätestens seit den beiden von ENET organisierten Seminaren „Nanotechnologie für den Energiebereich“, wird der Einsatz von Nanotechnologien stark diskutiert. Manche Projekte sind initiiert worden, die schon erste Erfolge zeigen.

Über 84 % der Leserschaft beurteilen die ENET-NEWS als relevante Publikation, deren Inhalt in erster Linie zur persönlichen Information (80 %) genutzt wird. Erst danach wird als Zweck „konkrete Anwendungsmassnahmen“ und „Integration der Innovationen in der Forschung“ genannt.

**ENET-NEWS vermittelt Wissen aus erster Hand**

Die ENET-NEWS wird von beinahe allen Antwortenden regelmässig gelesen und beeinflusst damit die persönlichen Kenntnisse und das Wissen um die Energieforschung, der Einfluss auf die jeweiligen Aktivitäten bleibt hingegen bescheidener. Der Logik folgend, ist der Einfluss bei Forschern, die über ihre eigenen Netzwerke bereits zu einem früheren Zeitpunkt relevante Informationen erhalten, geringer als bei Lesern aus anderen beruflichen Gruppen.

Für 80 – 90 % ist die ENET-NEWS ein geschätztes Informationsmittel des BFE. Dies betrifft die Beurteilung der Themenwahl, die redaktionelle Qualität, Seitengestaltung, Grafiken und Fotos usw. Allerdings werden Papierwahl und Kunststoffverpackung öfters kritisiert. Desgleichen die



*Zu welchem Zweck werden die ENET-Dienstleistungen hauptsächlich benutzt?*

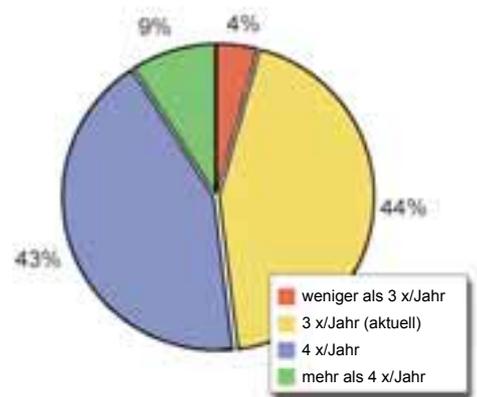
Grafiken ohne übersetzte Texte, wodurch das Verständnis des gesamten Themas erschwert werden kann. Ebenso zu vermeiden sind Abkürzungen ohne Erklärungen.

Auf die Frage, wie oft die ENET-NEWS erscheinen soll, kommt es zwischen dem 3- und 4-maligen Rhythmus zu einer ausgeglichenen Beantwortung von 44 % bzw. 43 %. Mit über 85 % ist man jedoch mit dem derzeitigen Seitenumfang zufrieden.

**Wertvolle Hinweise und Anregungen**

Aus zahlreichen interessanten und wertvollen Vorschlägen, die alle zu prüfen sind, kann beispielsweise der Hinweis auf zu-

sammenfassende Texteinleitungen herausgegriffen werden. Ebenfalls als Anregung ist der Wunsch nach kritischer Auseinandersetzung mit Projekten und Technologien zu verstehen, was bisher kaum vorhanden



*Wie oft pro Jahr sollte die ENET-NEWS erscheinen?*

**Konferenz vereint verschiedene Aspekte**

Die Gliederung dieses dreitägigen Events ermöglicht dem Besucher gezielt – seinen Interessen entsprechend – Informationen zu erhalten.

**Eröffnungs-Session** mit Referenten aus Politik und Wissenschaft, mit einer Übersicht der Entwicklungen in den USA, in Japan und Europa.

**Nano-Konferenz** mit über 50 Referenten aus Forschung und Industrie, aus dem In- und Ausland, mit den Themen „Life Sciences, Tools and Sensors, Materials and Surfaces, Optics and Electronics“.

**Outlook-Session** mit einem Ausblick auf die Entwicklungen im internationalen Umfeld und in der Schweiz, mit ausgewählten Ken-

nern der Szene, den internationalen Experten des Programms und dem Leitungsausschuss von TOP NANO 21.

**Poster-Session** mit über 200 aktuellen Forschungsergebnissen.

**Forum** mit Firmenpräsentationen und dem internationalen Tag, gestaltet durch das Gastland USA und die Länder Kanada, Japan, Belgien sowie Location:Switzerland.

Sonderausstellung **Forschung und Bildung** mit den international führenden Forschungs- und Bildungsinstituten.

**One-to-one Meetings** zum Aufbau von neuen Kontakten.

Weitere Informationen:  
[www.nanofair.ch](http://www.nanofair.ch)  
[www.ethrat.ch/topnano21](http://www.ethrat.ch/topnano21)  
 (Rubrik: Nano Conference)

war. Durch das Darstellen von Vor- und Nachteilen würde die aktive Diskussion und Meinungsbildung gefördert.

Durch die Evaluation der ENET-Plattform und im Speziellen der Zeitschrift ENET-NEWS ist die Grundlage geschaffen, mit konstruktiven Massnahmen den Informationsfluss zugunsten einer verstärkten Beschäftigung mit der Energieforschung und deren Umsetzung zu verbessern.

# Strom für dezentrale Gebiete

Optimierung der Stromversorgung dezentraler Gebiete der Schweiz mit Netz- oder Insellösungen

## Heini Sommer

Projektleiter  
Ecoplan  
CH-6460 Altdorf

## Ruedi Meier

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

## Pascal Previdoli

BFE-Bereichsleiter  
Energiewirtschaftliche Grundlagen

Bei der Erschliessung dezentraler Schweizer Gebiete mit elektrischer Energie fallen in der Regel hohe Kosten an. Weit abgelegen von der nächsten Trafostation, in grosser Distanz zum nächsten Mittelspannungsanschluss oder geringe Besiedlungsdichte sind die wesentlichen Charakteristika dieser Gebiete. Welche Versorgungsvariante soll in diesen Fällen gewählt werden: der netzabhängige Anschluss oder die unabhängige, dezentrale Stromerzeugung?

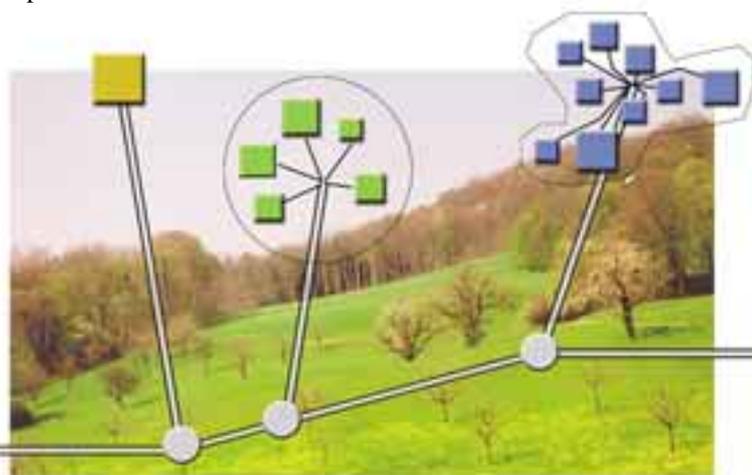
## Grosse Bandbreite der Netzerschliessungskosten

Die Kosten der netzabhängigen Erschliessung umfassen Investitions-, Betriebs- und Unterhaltskosten von einer bestehenden Leitung bis und mit Hausanschluss. In dezentralen Gebieten hängen die Kosten insbesondere von der Distanz zur nächsten bestehenden Leitung sowie spezifischen lokalen Gegebenheiten ab. Eine vom Bundesamt für Energie (BFE) unterstützte Analyse gibt nun Auskunft über die Kosten-spannweite der Erschliessung in solchen abgelegenen Gegenden. Je nach Anzahl der Stromanschlüsse (Einzelhof, Weiler, kleines Dorf) ergeben sich reine Netzerschliessungskosten von 19 – 172 Rp./kWh. Es liegt also nahe, die netzunabhängige, dezentrale Stromerzeugung als Alternative zu prüfen.

Als zurzeit wirtschaftliche Lösungen haben sich dafür der objektbezogene Einsatz von Wärme-Kraft-Kopplung mit oder ohne Photovoltaik-Ergänzung sowie Verbundsysteme mit Wärme-Kraft-Kopplung oder Wasserkraft hervor getan.

## Vergleichsrechnungen begünstigen Netzanschluss

Mit betriebswirtschaftlichen Kostenvergleichen an 19 konkreten Standorten konnten die vier genannten Alternativen jeweils dem konventionellen Netzanschluss gegenübergestellt werden. Beispiele zu Einzelhöfen, Weilern und kleinen Dörfern wurden sowohl im Alpen- als auch im Voralpenraum betrachtet.



Dabei zeigt sich, dass die Kosten der heute verfügbaren Technologien für dezentrale Stromerzeugungsanlagen unter günstigen Voraussetzungen mit einer netzabhängigen Versorgung vergleichbar sind. Berücksichtigt man neben den betriebswirtschaftlichen Kosten jedoch noch weitere Faktoren, wie Versorgungsqualität und -sicherheit, Umweltkriterien, Kapazitätsreserven usw., so schneiden in der Gesamtbetrachtung die netzabhängigen Lösungen meist besser ab.

*Einzelhof, Weiler und kleines Dorf als Typen dezentraler Gebiete für eine Stromerschliessung.*

Geht man jedoch davon aus, dass Gebäudeanzahl und Distanz zur nächsten Siedlung einen wesentlichen Einfluss auf die Erschliessungskosten ausüben, und nimmt man dann das Potenzial der Schweiz als Vergleichsbasis, so kann eine Eignung unter betriebswirtschaftlichen Aspekten für rund 3000 Gebäude in knapp 2300 dezentralen Gebieten festgestellt werden. Spitzenreiter sind dabei erwartungsgemäss die

Schlussbericht:

Dezentrale Stromversorgung: Optimierungschancen; H. Sommer, St. Osterwald (Ecoplan), Hp. Eicher, R. Rigassi (Dr. Eicher + Pauli AG), 2003.

Bestellung:

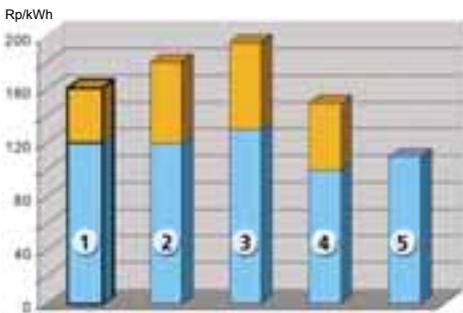
[www.bundespublikationen.ch](http://www.bundespublikationen.ch)

Nr. 805.552.d

drei grossen, ländlichen Kantone Bern, Wallis und Graubünden.

### Entwicklung alternativer Technologien begünstigt Insellösungen

Mit der weiteren Entwicklung und Markt-reife alternativer Stromerzeugungstechnologien und der damit verbundenen Preis-



Ober- (braun) und Untergrenze (blau) der Stromgestehungskosten für den Weiler Fernigen:

- 1 Netzerschliessung
- 2 WKK
- 3 WKK/Photovoltaik
- 4 WKK-Verbund
- 5 Wasserkraft.

senkung könnte bereits innerhalb von zehn Jahren eine andere Kostensituation entstehen, wodurch sich die Chancen für netz-unabhängige Lösungen erhöhen würden.

### Internet-Links

Informationen zum Forschungsprogramm Energiewirtschaftliche Grundlagen  
[www.ewg-bfe.ch](http://www.ewg-bfe.ch)

Forschung in Wirtschaft und Politik  
[www.ecoplan.ch](http://www.ecoplan.ch)

Ingenieure für Energie und Umwelt  
[www.eicher-pauli.ch](http://www.eicher-pauli.ch)

Centre de compétences en urbistique (CREM) Martigny  
[www.crem.ch](http://www.crem.ch)

Centre universitaire d'études des problèmes de l'énergie (CUEPE) Genève  
[www.cuepe.ch](http://www.cuepe.ch)

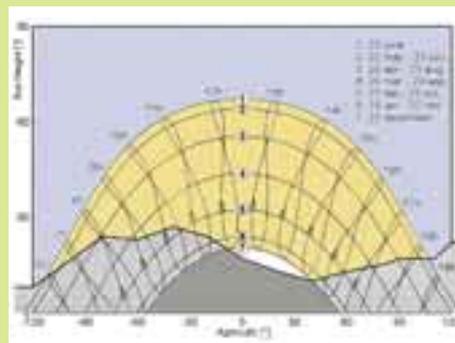
## Detaillierte Betrachtung ausgewählter Beispiele

Die Fragen um eine dezentrale Stromversorgung wurden durch zwei detaillierte Untersuchungen in den Kantonen Wallis und Tessin ergänzt. Dabei konnten die Analysemethoden anhand der örtlichen Gegebenheiten geprüft und Hinweise auf mögliche Verbesserungsmassnahmen bei der Stromversorgung gegeben werden.

### Les Escoteaux mit komplexer Netz-situation

Die Siedlung am Mont Chemin rund 500 m oberhalb von Martigny umfasst 12 Häuser, wovon nur etwa sieben ganzjährig bewohnt sind. Aufgrund der geschichtlichen Entwicklung hat hier die örtliche Stromversorgung zu einer komplexen Netz-situation geführt. Les Escoteaux wird von einer der sechs Leitungen des 16-kV-Transformators versorgt.

Mit der Untersuchung des CREM (Centre de compétences en urbistique in Martigny) wurden sowohl die Trinkwasser- als auch die Stromversorgung analysiert. Der Elektrizitätsverbrauch konnte bei vier Familien im Detail betrachtet werden, womit auch exakte Daten über die saisonalen Verschiebungen erhältlich waren. Bei der Berechnung einer alternativen Photovoltaik-Stromversorgung, die mit dem Programm PVSYST durchgeführt wurde, zeigte sich, dass mit einem solchen System kein wirtschaftlicher Vorteil erreicht werden kann. Für einen möglichen Ausbau des Weilers les Escoteaux wäre jedoch eine veränderte Platzierung des Transformators von Vorteil.



Solardiagramm mit Horizontlinie für All'Acqua im Bedretto-Tal.

### Bedretto-Tal mit unterschiedlichen Gegebenheiten

Das zweite Beispiel betrifft das Tessiner Bedretto-Tal, zwischen Airolo und Nufenen-Pass, mit 7519 Hektaren, rund 145 Häusern und 80 Einwohner. Die umfangreiche Untersuchung des CUEPE (Centre universitaire d'étude des problèmes de l'énergie, Genf) basierte auf drei Szenarien: dem Status quo, mit weniger Militärpräsenz und einem gewissen Mass an touristischer Entwicklung.

Auch hier galt es zunächst, die aktuelle Verbrauchersituation exakt aufzuzeichnen. Diese zeigte grosse Unterschiede zwischen Dörfern (z.B. Bedretto), individuellem Gasthof (z.B. All'Acqua) und Käsereien auf Alpen. Es wurde ersichtlich, dass der Netzanschluss in den Dörfern vorteilhaft ist, hingegen in einzelnen Häusern bzw. im oberen Teil des Tals dezentrale Lösungen durchaus zu erwägen sind. Neben der Wärme-Kraft-Kopplung sind Kleinwasserkraftwerke und evtl. Photovoltaikmodule als Alternativen zu prüfen.

Studien:  
Réseaux de distribution versus production distribuée: problèmes méthodologiques et étude de cas:  
Beispiel „les Escoteaux“; Ch. Matas, CREM, 2003  
Beispiel „Bedretto-Tal“; B. Lachal, A. Mermoud, F. Romerio, CUEPE, 2003

# Ökologisch korrigieren

Wasserkraftnutzung korrigiert ökologische Fehlleistungen in der Suhre bei Sursee und bietet lokalen Ökostrom

**Arnold P. Engel**  
Hydrelec Ingenieure  
CH-5318 Mandach

**Alois Fuchs**  
Genossenschaft  
Windenergieanlage  
Diegenstal  
(Bauherrschaft)  
CH-6204 Sempach

**Hanspeter  
Leutwiler**  
BFE-Programmleiter  
Kleinwasser-  
kraftwerke  
Postfach  
CH-8910 Affoltern  
am Albis

**Bruno Guggisberg**  
BFE-Bereichsleiter  
Kleinwasser-  
kraftwerke

Der Fluss Suhre wurde 1979 nordwestlich der Stadt Sursee abgesenkt, um wieder als Vorfluter von Zuleitungen aus einem Einzugsgebiet von über 80 km<sup>2</sup> unter allen Abflussbedingungen dienen zu können. Zu diesem Zweck baute man drei Schwellen ein, die jedoch die Durchgängigkeit für Fische und Kleinlebewesen unterbrochen haben. Die bereits Ende der 90er-Jahre vom BFE unterstützte Vorstudie hat aufgezeigt, dass an dieser Stelle im Abfluss aus dem Sempachersee eine Wasserkraftnutzung möglich erscheint. Die vom Kanton formulierten Wünsche waren allerdings die Scho-



*Turbinenhaus mit vorgelagertem Rechenreiniger, der durch den Differenzdruck am Rechen bedarfsgerecht gesteuert wird.*

nung der vorhandenen Ufervegetation, eine unauffällige Integration der geplanten Anlagen in das Gelände und die Erstellung einer neuen, naturnahen Fischtreppe.

## Neuheiten beim Konzept der Anlage

Im Oktober 2000 begannen die ersten Bauarbeiten, ein Jahr später erfolgte die Inbetriebnahme. Das Stauziel wird durch ein Schlauchwehr mit einer Nominalhöhe von 1,55 m und einer mittleren Abflussbreite von 7,5 m erzielt. Dieser reissfeste Kunststoffschlauch ist unempfindlich gegen Schwemmgut und Geschiebe. Schlauchwehre weisen zudem eine hohe passive Betriebssicherheit auf. Das Füllen des Schlauchs erfolgt mit sauberem Grundwasser und einer niveaugesteuerten Pumpe.

Vor dem Turbineneinlauf ist ein geneigter Lochblechrechen angebracht, der mit einer



durch Differenzdruck am Rechen gesteuerten Reinigungseinrichtung ausgestattet wurde. Diese innovative Entwicklung ist für Kleinkraftwerke von besonderer Bedeutung.

Die S-Rohrturbine treibt mit einem Flachriemen einen 55-kW-Asynchrongenerator an. Sie kann Nutzwassermengen zwischen 0,3 und 2,5 m<sup>3</sup>/s bei einem Bruttogefälle von 3 m verarbeiten. Das Gesamtsystem weist einen Wirkungsgrad von 80 % auf.

*Schlauchwehre haben in der Schweiz Einzug gehalten und überzeugen durch ihre hohe passive Betriebssicherheit.*

### Wirtschaftlichkeit durch Finanzierungsmodell begünstigt

Die mittlere Energieproduktion beträgt 240'000 kWh/Jahr. Dank einer durchschnittlichen Entschädigung für Ökostrom durch die Centralschweiz. Kraftwerke CKW von 17 Rp./kWh wird mit einer raschen Rückzahlung der Darlehen gerechnet. Durch die teilweise Finanzierung mit Anteilscheinen der Genossenschaft Windenergieanlage Diegenstal (Bauherrin dieser Anlage), Fronarbeit beim Bau und Unterstützung durch die Stadt Sursee konnte dieses Kleinwasserkraftwerk zur lokalen Stromerzeugung auf sinnvolle Weise realisiert werden.

Informationen zum Projekt:

[www.bauernhof.ch/gwd/projekt.htm](http://www.bauernhof.ch/gwd/projekt.htm)

[www.aramis-research.ch/d/5409.html](http://www.aramis-research.ch/d/5409.html)

## Informationen zu Kleinwasserkraftwerken

Informationsmaterial, Bundesbeiträge an Projekte und Gesuchsformulare sind zu beziehen bei:

Bundesamt für Energie (BFE),  
Sekretariat Sektion Erneuerbare Energien,  
CH-3003 Bern

Email: [sandra.gyger@bfe.admin.ch](mailto:sandra.gyger@bfe.admin.ch)

Fachliche Beratungen bei den Infostellen:

Deutschschweiz – Forschungsprogramm  
Kleinwasserkraftwerk, Hanspeter Leutwiler,  
CH-8910 Affoltern am Albis  
Email: [pk@iteco.ch](mailto:pk@iteco.ch)

Westschweiz – MHyLab, Vincent Denis,  
CH-1354 Montcherand  
Email: [denisV@mhyllab.com](mailto:denisV@mhyllab.com)

Italienischsprachige Schweiz – Infoenergia  
Ticino, Claudio Caccia, CH-6670 Avegno  
Email: [claudiocaccia@bluewin.ch](mailto:claudiocaccia@bluewin.ch)

Publikationen:

[www.smallhydro.ch](http://www.smallhydro.ch)

[www.energieforschung.ch](http://www.energieforschung.ch)

[www.bundespublikationen.ch](http://www.bundespublikationen.ch)

## Böige Bedingungen auf dem Güttsch

Bei der vor einem Jahr montierten Windkraftanlage auf dem Güttsch bei Andermatt herrschen böige Bedingungen. Die von der dort installierten Wetterstation während vieler Jahre gemessenen Windverhältnisse haben sich inzwischen auch durch die Messungen auf der Anlage bestätigt. Bereits während den Herbststürmen wurden Böenspitzen von über 190 km/h gemessen; oft sind Windgeschwindigkeiten von über 100 km/h zu verzeichnen. Das entspre-

tionen vorteilhafte Standorte besser nutzen zu können.

### Technische Schwierigkeiten müssen überwunden werden

„Böige“ Bedingungen herrschen aber auch bei den Abschlussarbeiten zur Gewährleistung der vollen Produktionskapazität der Anlage. Aus technischen Gründen konnte die volle Leistung noch nicht ausgeschöpft



*Der erste Winter brachte bereits wichtige Erfahrungen bezüglich Vereisungsgefahr des Rotors und Verhalten bei Böenspitzen.*

*(Foto: Suisse Eole)*

chende Abschalten durch Drehen der Rotorblätter (Pitch-Verstellung) funktioniert optimal. Demgegenüber ist das häufige und rasche Drehen der Windrichtung eine echte Herausforderung. Die Prognosen und die durchgeführten Sodarmessungen konnten die Verhältnisse aber insgesamt realistisch aufzeigen.

### Erste Erkenntnisse zur Vereisungsgefahr

Ein wichtiges Kriterium bei dieser weltweit höchst gelegenen Windkraftanlage der 800-kW-Klasse ist das Verhalten bei Schnee- und Eisaufbau am Rotor und der entsprechende Eiswurf bzw. die Produktionseinbussen. Hier hat sich bereits gezeigt, dass die in den Rotorblättern integrierte Luftheizung wirkungsvoll arbeitet, die Betriebserfahrungen jedoch Optimierungen beim Stromverbrauch aufzeigen.

Die vom Bundesamt für Energie (BFE) gewährte Unterstützung dieses Pilotprojekts im alpinen Raum verfolgt u.a. das Ziel, bei dem Thema Vereisungsgefahr präzisere Erkenntnisse zu gewinnen, um solche für gebirgige Binnenländer und arktische Re-

werden. Für das Elektrizitätswerk Ursern stellt diese Pilotanlage, die von der örtlichen Bevölkerung durchaus positiv aufgenommen wurde, ein viel Geduld forderndes Projekt dar.

## Windenergie in kaltem Klima

An der internationalen Konferenz des IEA-Programms „Wind Energy in Cold Climate“, die im April im arktischen Finnland stattfand, wurden die neuesten Untersuchungen von entsprechend platzierten Anlagen und Forschungsprojekten präsentiert. Experten gehen von einem Marktpotenzial von „arktischen“ Windenergiestandorten von über 6'000 MW aus.

Informationen unter:

[www.vtt.fi/virtual/arcticwind](http://www.vtt.fi/virtual/arcticwind)

# Kälte für Medikamente

LESBAT-Entwicklung dient afrikanischen Kliniken zur Lagerung wärmeempfindlicher Medikamente

**Philippe Dind,**  
**Catherine**  
**Hildbrand,**  
**Julien Mayor**  
LESBAT / EIVD  
CH-1400 Yverdon

**Jean-Christophe**  
**Hadorn**  
BFE-Programmleiter  
Solarwärme (F+E)  
c/o BASE  
CONSULTANTS SA  
CH-1012 Lausanne

**Pierre Renaud**  
BFE-Programmleiter  
Solarwärme (P+D)  
c/o Planair SA  
CH-2314 La Sagne

**Urs Wolfer**  
BFE-Bereichsleiter  
Solartechnologien

Ohne bewegliche Teile und ohne elektrische Energie arbeitet der vom LESBAT in Yverdon entwickelte Adsorberkühlschrank. Das zur Fachhochschule des Kantons Waadt (EIVD) gehörende Labor für Sonnenenergie und Bauphysik hat ein System geschaffen, das einen Sonnenkollektor von 2 m<sup>2</sup> nutzt, um den thermodynamischen Kreislauf des Kühlprozesses in Gang zu setzen und zu betreiben. Der 320 Liter fassende Kühlschrank wurde bereits unter realistischen Bedingungen im afrikanischen Staat Burkina Faso durch das Ökologiezentrum Albert Schweitzer getestet. Zurzeit arbeitet das LESBAT an der Umsetzung des Prototyps in eine Kleinserie als Vorstufe industrieller Fertigungsmethoden.

## Anspruchsvolle Rahmenbedingungen für den Einsatz in Afrika

Die wesentliche Idee dieser Entwicklung war einerseits, für Kliniken und ländliche



Testaufbau des solar betriebenen Adsorberkühlschranks des LESBAT in Yverdon.

Gesundheitszentren in heissen Gebieten ein ausschliesslich solar betriebenes Gerät zur Aufbewahrung von Medikamenten zu realisieren. Im Weiteren will man einen Technologietransfer initiieren, welcher eine lokale Herstellung dieser Kühlschränke ermöglicht.

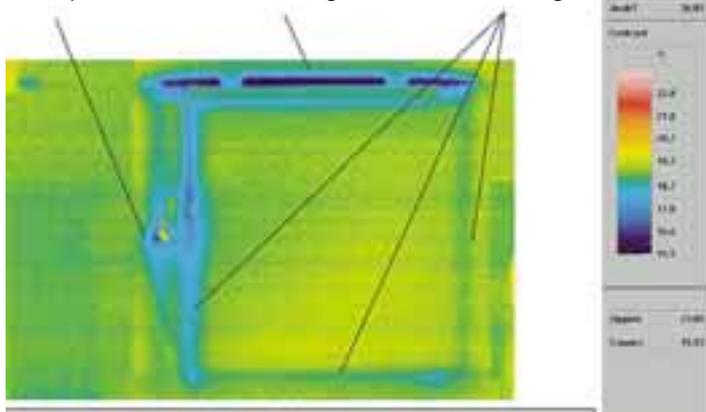
Wichtige Kriterien für die Konzeption waren eine möglichst leichte und kompakte Bauweise, welche einen einfachen Transport in die Kliniken gewährt. Man musste bei der thermodynamischen Planung von Temperaturen am Tag von über 40 °C und

in der Nacht von 35 °C sowie von einer täglichen Einstrahlung von durchschnittlich 5 kWh/m<sup>2</sup> ausgehen.

## Energieeffiziente Materialien sinnvoll genutzt

Dank der Wahl von Vakuum-Isolationsplatten (VIP) mit einer Dicke von nur 40 mm erreicht man ein Nutzvolumen des

Dampfaustritt Verbindung Wandverbindungen



Kühlschranks, welches rund das dreifache Volumen bei gleichen Aussenmassen ergibt als bei der Verwendung herkömmlicher Isolationsmaterialien.

*Thermografische Bilder führen zu gezielten Modifikationen.*

In Zusammenarbeit mit Industrie und Werkstätten wurde ein kompakter, 100 Liter fassender Kühlschrank realisiert. Die 14 im Kollektor (1 m<sup>2</sup>) befindlichen Adsorberrohre enthalten fein porigen Silikagel, der nachts die kondensierte Arbeitsflüssigkeit aufnimmt. Messungen zeigten zunächst Abweichungen von den berechneten Werten, mit thermografischen Bildern konnte man dann Schwachstellen eruieren und eliminieren. Nach weiteren Tests in der Schweiz wurde der Kühlschrank im Jahre 2002 nach Afrika gebracht. Gleichzeitig erhielt das LESBAT für diese Innovation den vom BFE unterstützten Solarpreis 2002 zugesprochen.

Weitere Informationen:  
[www.solarenergy-thermal.ch/ecran17.htm](http://www.solarenergy-thermal.ch/ecran17.htm)

# Verbesserungen sind willkommen

Systemoptimierung von in Betrieb stehenden automatischen Holzfeuerungen findet Anklang

## Jürgen Good

Projektleiter  
Verenum  
CH-8006 Zürich

## Daniel Binggeli

BFE-Bereichsleiter  
Holz

Besteht ein Optimierungspotenzial bei automatischen Holzfeuerungen, die bereits seit einiger Zeit in Betrieb stehen? Dieser Frage ging ein Expertenteam in einer ersten Projektphase bei fünf ausgewählten Anlagen nach. Mit einem Fragebogen wurden Angaben zu Wirtschaftlichkeit, Technik und Betrieb erhoben und daraus Kenndaten ermittelt. Durch den Vergleich dieser Daten mit Erfahrungswerten und anhand einer Besichtigung der Anlagen wurden daraus Schwachstellen identifiziert. Verbesserungsmassnahmen bezüglich Brennstoff, Feuerung, Hydraulik und Betrieb konnten aufgezeigt werden. Inzwischen wurden in einer zweiten Projektphase 25 weitere Holzfeuerungen untersucht, und jedem Betreiber wird nun ein entsprechender Bericht übergeben. Dieser dient dazu, die Transparenz über Kosten- und Ertragsstruktur deutlich zu erhöhen, und zeigt auf, wie neben technischen Mängeln auch die Wirtschaftlichkeit verbessert wird.

### Wesentliche Massnahmen zur Betriebsoptimierung

Die vom BFE unterstützte Bestandsaufnahme umfasste zunächst fünf Ein- und

Zweikesselanlagen mit und ohne Speicher. Die Bandbreite der installierten Leistungen reicht von 300 kW bis 1 MW.

Dabei konnte nachgewiesen werden, dass die Wärmegestehungskosten

durchwegs höher lagen als der heutige Zielwert des Qualitätssicherungsinstruments „QS Holzheizung“ von Holzenergie Schweiz. Die Wärmeerzeugung war durch markante Verluste gekennzeichnet, die beispielsweise durch hohen Luftüberschuss bei der Verbrennung, hohe Abgastemperatur usw. verursacht wurden. Das Erreichen der

Nennleistung einer Holzfeuerung ist oft eine Frage der auf den verwendeten Brennstoff abgestimmten Einstellung der Regelparameter. Bei drei Anlagen wurde sie nicht ganz erreicht, bei einer sogar nur knapp zur Hälfte. Luftüberschuss, ungeeignete Brennstoffe und bewusst ausgeführte Einstellungsänderungen der Regelung waren dafür verantwortlich.



*Mit der Untersuchung bestehender Holzfeuerungen können Verbesserungsmassnahmen bezüglich Brennstoff, Feuerung, Hydraulik und Betrieb formuliert werden.  
(Fotos: Verenum)*

### Grundlage für eine optimierte Planung neuer Anlagen

Im Übrigen schien die Wärmeverteilung auch nicht überall optimal gestaltet zu sein. Die verschiedenen Erkenntnisse der Studie, wie die Vermeidung von überdimensionierten Heizzentralen und Beschränkung der Wärmeverteilung auf Gebiete mit ausreichender Anschlussdichte, sollen in die Planung neuer Anlagen – vor allem auch Wärmeverbundsysteme mit Fernleitungsnetz – einfließen und damit einen wirtschaftlichen Betrieb von Anfang an gewährleisten.

Bei Anlagen, welche in diesem Sommer die vom Expertenteam vorgeschlagenen Massnahmen umsetzen, werden entsprechende Erfolgskontrollen durchgeführt. Während der Heizperiode 03/04 sollen weitere Anlagen untersucht werden.

Schlussbericht:  
Systemoptimierung automatischer Holzfeuerungen in der Praxis; J. Good, Th. Nussbaumer, R. Bühler, A. Jenni; BFE 2002  
ENET-Nr. 220115



*Luftüberschuss, ungeeignete Brennstoffe usw. sind oftmals Gründe für mangelnde Wärmeerzeugung.*

# Vom Holz zum Methan

Verarbeitung von Holz zu Biotreibstoffen soll durch weitere Forschungsarbeiten untersucht werden

**Samuel Stucki**  
**Serge Biollaz**

Labor für Energie  
und Stoffkreisläufe  
Paul Scherrer Institut  
CH-5232 Villigen

**Arthur Wellinger**  
Nova Energie GmbH  
CH-8355 Aadorf

**Bruno Guggisberg**  
BFE-Bereichsleiter  
Biomasse

**Daniel Binggeli**  
BFE-Bereichsleiter  
Holz

Mit Treibstoffen aus Biomasse könnte im Verkehrsbereich mittelfristig die Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>)-Bilanz signifikant entlastet werden. Die Produktion von Biotreibstoffen ist auf absehbare Zeit kostengünstiger als von Treibstoffen aus anderen erneuerbaren Energien (z.B. Wasserstoff aus Solar- oder Windenergie). Die Studie „CO<sub>2</sub>-Reduktion durch Beeinflussung der Treibstoffpreise“ des BFE weist aus, dass Biotreibstoffe eine CO<sub>2</sub>-Reduktion mit vergleichsweise geringen Zusatzkosten erlauben. Das Interesse an diesen Alternativen hat daher zugenommen, insbesondere auch in Bezug auf die Versorgungssicherheit.

Zu den Biotreibstoffen zählen Biogas, Bio-Ethanol, Pflanzenöle und RME (Rapsmethylester), welche kurzfristig verfügbar sind. Bio-Methanol, DME (Dimethylether) und synthetisches Benzin stellen mittel- bis langfristige Optionen dar. Diese Treibstoffe werden über die sog. „thermo-chemische Route“ erzeugt. Dabei wird die Biomasse vergast; es entsteht Wasserstoff und Kohlenmonoxid, welches katalytisch in diese Treibstoffe umgewandelt wird.

## Biotreibstoffe als Teil der EU-Ziele

Bis 2020 will die EU-Kommission 23 % des Treibstoffverbrauchs durch erdölunabhängige Alternativen abdecken. Dabei würden bei optimalen Rahmenbedingungen neben Erdgas (Methan) mit 10 % und Wasserstoff mit 5 % auch Biotreibstoffe mit 8 % für die Mobilität eingesetzt werden. Überträgt man diese Werte auf die aktuelle Lage in der Schweiz, so ergeben sich folgende Angaben für das Jahr 2001, in welchem Personen- und Lastwagen rund 220 PJ in

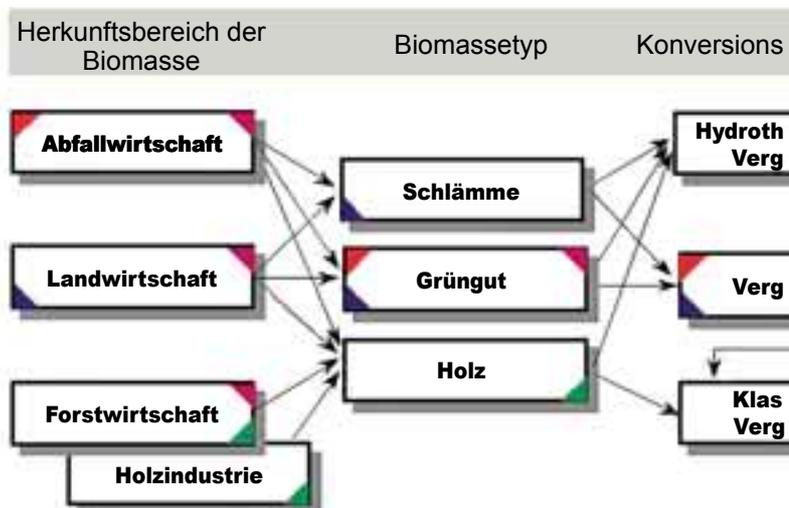
Form von Benzin und Diesel verbraucht haben:

- Mobilität mit Erdgas zu 10 % würde einen Verbrauch von 22 PJ ergeben. Beim heutigen Erdgasverbrauch von 100 PJ entspricht dies einer Absatzsteigerung von ca. 20 %.
- Die 5 % Wasserstoffmobilität ergeben weitere 16 PJ Erdgas, falls Wasserstoff aus Erdgas erzeugt wird.
- Und die Mobilität mit Biotreibstoff zu 8 % entspricht mindestens 30 PJ Primärenergie.

Die Erzeugung solcher Mengen an Biotreibstoffen bedingt den Bau grosser Produktionskapazitäten und Industrieanlagen. Dazu sind noch Forschungs- und Entwicklungsarbeiten notwendig, um auch Holz zu Biotreibstoff zu verarbeiten.

## Einen Zehntel der Gasflotte mit Biotreibstoffen

In der Schweiz wurde diese EU-Zielsetzung von der Gaswirtschaft bereits aufgenommen, d.h. bis 2010 sollen 2 % der Fahrzeugflotte mit Erd- und Biogas betrieben werden. Dies entspricht einem Anteil von 70'000 Fahrzeugen. In Absprache mit dem





Wirbelschichtreaktor des PSI für Katalysatorentests, die beim Methanisierungsprozess, der Umwandlung brennbarer Anteile im Holzgas zu Methan, eingesetzt werden.

Bei einem Wirkungsgrad der Umwandlung von Holz zu Methan von 50 % könnten damit zusätzlich 7'000 Fahrzeuge versorgt werden (35'000 t Holz/Jahr ergibt 0,5 PJ Holz, umgewandelt 70 GWh/Jahr Holz-Biogas).

**Umsetzung mit verschiedenen Partnern**

Der relativ kurzfristige Umsetzungshorizont dieses Methan-aus-Holz-Verfahrens ist möglich, weil auf bekannten Forschungs- und Entwicklungsergebnissen aufgebaut werden kann, die in den vergangenen 20 Jahren erarbeitet wurden. Dazu zählen beispielsweise die Holzvergasung im Leistungsbereich über 10 MW<sub>th</sub>, die Erzeugung von synthetischen Kraftstoffen in Wirbelschichtanlagen, die Reinigung von Synthesegas usw.

Dachverband „Biomasse Schweiz“ sollen davon 10 %, also 7'000 Fahrzeuge, mit Biogas aus der Vergärung unterwegs sein. Voraussetzung für die Erzeugung von Biogas zu Treibstoff ist jedoch eine gut ausgebaute Infrastruktur für den Erdgaseinsatz und wirtschaftlich attraktive Biogaspreise. Für beide Energieträger wäre damit eine mögliche Win-win-Situation gegeben.

**Die Rohstoffpotenziale begünstigen die Produktion von Biogas**

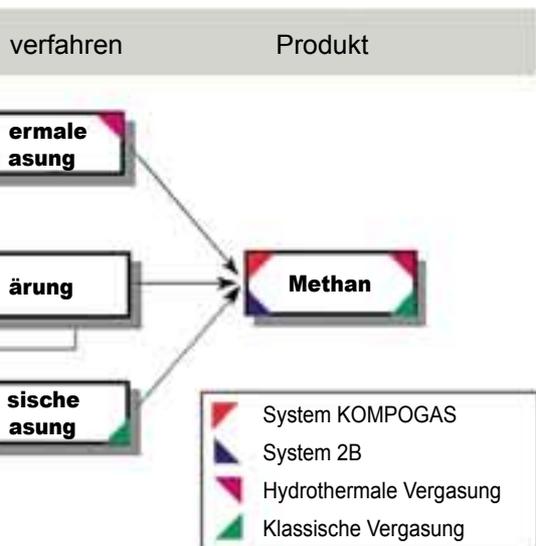
Biogas bzw. biogenes Methan kann aus verschiedenen Biomassen mit unterschiedlichen Prozessen hergestellt werden. Im Gegensatz zu Grünabfällen kann Holz nicht über die Vergärung zu Biogas umgewandelt

werden, sondern nur über einen Vergasungsprozess.

In der Schweiz soll die abgesetzte Energieholzmenge verdoppelt werden (heute 20 PJ pro Jahr). Gelingt es, unter wirtschaftlichen Bedingungen Methan aus Holz zu produzieren, sollte der Absatz von Holz-Biogas unter Berücksichtigung der genannten Ziele gesichert sein. Mit Unterstützung des Bundesamts für Energie wird am PSI die nächste Projektphase gestartet, bei welcher die technische und ökonomische Machbarkeit der Erzeugung von Methan aus Holz dargestellt werden soll. Man geht davon aus, dass in 7 bis 10 Jahren eine erste Demonstrationsanlage mit einer Leistung von 20 MW<sub>th</sub> ihren Betrieb aufnehmen kann.

**Dem Kyoto-Ziel verpflichtet**

Bis 2010 sollen die CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Schweiz gemäss Kyoto-Zielsetzung um 10 % reduziert werden. Der Bundesrat hat spezifiziert, dass bezogen auf das Jahr 1990 eine Reduktion des CO<sub>2</sub>-Ausstosses von 15 % bei Brennstoffen und 8 % bei Treibstoffen erreicht werden muss. Dabei können Biotreibstoffe einen wichtigen Beitrag leisten.



Methan als alternativer Treibstoff kann auf verschiedenen Wegen aus Biomasse hergestellt werden. Für Holz steht heute jedoch nur das Vergasungsverfahren zur Verfügung.

Am PSI geht man davon aus, dass wichtige Erkenntnisse für die Methan-aus-Holz-Technologie übertragbar sind (z.B. Gasreinigung, CO<sub>2</sub>-Abtrennung usw.). Die Realisierung einer solchen 20-MW<sub>th</sub>-Anlage in wenigen Jahren ist ein ergeiziges Ziel, das ein klares Bekenntnis von Industrie, Behörden und Forschungsanstalten voraussetzt. Die Forschung und Entwicklung erfolgt in enger Zusammenarbeit mit dem von Novatlantis initiierten Programm der „2000-Watt-Gesellschaft“; ausserdem werden sich mit diesen Technologien auch Chancen für neue Exportaktivitäten eröffnen.

**Markus Geissmann**  
BFE-Bereichsleiter  
Geothermie



### Welche Prioritäten setzt das Bundesamt für Energie BFE bei der Geothermie-Forschung?

Die kombinierte Gewinnung von Strom und Wärme aus geothermischen Anlagen hat in der Schweiz ein sehr grosses Potenzial. Es besteht aber noch ein erhebliches Mass an Forschungsbedarf; daher hat dieser Bereich für das BFE hohe Priorität.

### Mit welchen Impulsen werden die geothermischen Forschungsaktivitäten gefördert?

Wir unterstützen Projekte der angewandten Forschung sowie den Bau von entsprechenden Pilotanlagen, aber auch die Durchführung und Auswertung von Messprogrammen bei wegweisenden Vorhaben. Wichtig ist dabei auch die internationale Zusammenarbeit mit der Europäischen Union und im Programm „Geothermal Energy“ der Internationalen Energieagentur (IEA).

### Wie gross wird in 20 oder 50 Jahren die Bedeutung der Geothermie bei der Energieerzeugung in der Schweiz sein?

Das Heizen und Kühlen von Gebäuden mit geothermischer Energie und Wärmepumpen wird sich bestimmt bei uns durchsetzen. Ich nehme an, dass in 20 Jahren neue Gebäude im Normalfall mit erneuerbarer Energie beheizt und gekühlt werden. Aber auch die Stromproduktion wird sich zunehmend auf die geothermische Energie abstützen. In 50 Jahren wird der Schweizer Strom wohl zur Hauptsache aus Wasserkraft und Geothermie stammen.



Bohrarbeiten für eine Erdwärmesonde.

Schlussbericht:

Langzeiteffekt von Mehrfach-Erdwärmesonden; D. Pahud, Th. Kohl, T. Mégel, R. Brenni, 2002, ENET-Nr. 220005

Zwischenbericht:

Long Term Influence of Multiple Heat Extraction Boreholes, R. Brenni, Th. Kohl, D. Pahud, 2001, ENET-Nr. 210099

## Stiehl nicht des Nachbarn

### Zunahme an Sole-Wasser-Wärmepumpen gegenseitigen Beeinflussung von Sonden

Die Erfolgsgeschichte der Wärmepumpen-Heizungen hat sich auch 2002 fortgesetzt. Mit über 7500 Neuinstallationen konnte eine Zunahme von 5,4 % gegenüber dem Vorjahr erreicht werden. Davon waren über 40 % Sole-Wasser-Wärmepumpen, die somit geothermische Energie nutzen. Dank den bereits rund 25'000 Installationen weist die Schweiz die weltweit höchste Dichte dieses Anlagentyps auf. Mit diesen stetigen Zunahmen an Erdwärmeanlagen muss nun der gegenseitigen Beeinflussung des Wärmeentzuges aus dem Boden von Erdwärmesonden vermehrt Beachtung geschenkt werden. Mit einer vom BFE geförderten Studie wurden deshalb die Auswirkungen auf den Langzeiteffekt von Mehrfach-Erdwärmesonden analysiert, da dies für Fragen zur Bewilligung und zur Nachhaltigkeit solcher Anlagen von wachsender Bedeutung ist.

### Statistik: geothermische Nu

Der überwiegende Teil der geothermischen Energie wird heute in der Schweiz mit Erdwärmesonden und -feldern produziert. Zusammen mit weiteren Nutzungstechnologien wie Erdregister, Nutzung von Grund- und Tunnelwasser, konnten 2001 mit Unterstützung von Wärmepumpen ca. 650 GWh Wärme bereitgestellt werden. Im Jahr 2003 wird man das Niveau von 700 GWh überschritten haben. Um in Zukunft noch detailliertere Angaben machen zu können, werden umfangreichere Daten der entsprechenden Bohrfirmen notwendig sein.

Nutzungsformen ohne Wärmepumpen bestehen hauptsächlich in Thermalbad-Anwendungen. Neben dem eigentlichen

# rs Erdwärme

rückt die Frage der  
in den Vordergrund

## Mehr Planungssicherheit gefragt

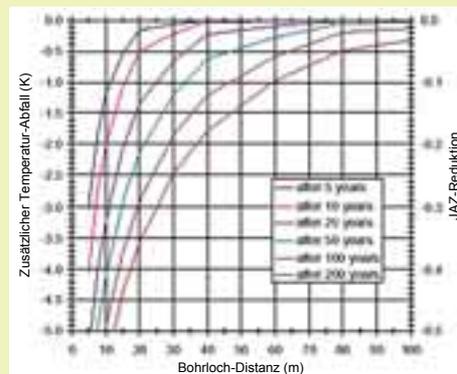
Die gegenseitige Beeinflussung von Erdwärmesonden wurde bereits in den 80er Jahren untersucht. Dabei hat man herausgefunden, dass sie vernachlässigbar sei, falls der Abstand der Erdwärmesonden grösser ist als deren Länge – keinesfalls aber weniger als ca. 5 m. Bei geringerem Abstand konnte man jedoch eine gewisse gegenseitige Beeinflussung nicht ausschliessen.

Um die Planungssicherheit von Mehrfach-Anlagen zu erhöhen, wurden nun die minimal zulässigen Abstände für verschiedene Konfigurationen von Sonden näher abgeklärt. Damit soll vermieden werden, dass infolge zu geringer Sondenabstände dem Boden zu viel Wärme entzogen wird, und damit der Wirkungsgrad von Wärmepumpenanlagen beim Nachbarn negativ beeinflusst werden könnte.

## Simulationen bestätigen die bisherigen Erkenntnisse

Zur Verifizierung der gegenseitigen Beeinflussung von Sonden bei unterschiedlichen Konfigurationen wurde ein dreidimensionales Finite-Elemente-Programm (FRAC-Ture) eingesetzt, das sich zur Simulation von Erdwärmesonden als besonders geeignet erwiesen hat.

Anhand einer Dreieckskonfiguration von drei Erdwärmesonden mit einem Abstand von jeweils 5 m und 10 m wurden Simulationen durchgeführt und die Ergebnisse in Form von Grafiken, für verschiedene Sondentiefen, übersichtlich dargestellt. Im Weiteren hat sich dabei auch gezeigt, dass der Wärmeeintrag infolge des Vorhandenseins eines Aquifers (Grundwasser) von



*Langzeitbeeinflussung (zusätzlicher Temperaturabfall) von drei Erdwärmesonden im Vergleich zu einer einzigen Sonde (Längen 200 m) in Abhängigkeit von den Bohrlochdistanzen.*

1 m bzw. 20 m Mächtigkeit und einer Strömungsgeschwindigkeit von 1 m bzw. 5 m pro Tag um bis zu 70 % höher liegt als ohne Grundwasservorkommen. Die Anströmungsrichtung an die erwähnte Sondenkonfiguration ist dabei nur von untergeordneter Bedeutung.



**Harald L. Gorhan**  
BFE-Programmlenker  
Geothermie

## Welche Höhepunkte haben Sie bei der Forschung und Entwicklung im Bereich der Geothermie in jüngster Zeit erlebt?

Bei der „tiefen Geothermie“ ist das grosse Interesse an den „Deep Heat Mining (DHM)“-Projekten in Basel und Genf bemerkenswert. Manifestiert wird dies durch das starke, bereits mehrjährige Engagement des BFE und in besonderem Mass der Industriellen Werke Basel (IWB), der Kantone BS und BL sowie der entsprechenden Genfer Institutionen. Die Erstellung der ersten Test- und Horschbohrung Otterbach kann man als grossen Erfolg werten. Dank der politischen Tätigkeiten der Präsidentin der Schweizerischen Vereinigung für Geothermie (SVG), Nationalrätin Kathy Riklin, konnten Ende 2002 im Parlament mehr als 100 Unterschriften zur Förderung der DHM-Technologie für eine künftige Strom- und Wärmeproduktion gesammelt werden. Zudem trägt nun auch die bisherige Forschungstätigkeit auf dem Gebiet der so genannten „untiefen Geothermie“ in der Praxis vermehrt Früchte.

## Welche Anforderungen stellen Sie an Forschungsprojekte?

Innovation und nochmals Innovation!

## Wie kann die Umsetzung von Resultaten in konkrete Anlagen erleichtert werden?

Einerseits durch die enge Zusammenarbeit mit verwandten Organisationen, wie der Gebäudetechnik, der Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz (FWS) sowie der Agentur für erneuerbare Energien und Energieeffizienz (AEE). Die Kooperation mit der AEE betrifft in erster Linie politische PR-Tätigkeiten und ein gezieltes Dachmarketing. Andererseits durch eine kontinuierliche Präsenz in den Medien, d.h. hauptsächlich in der Tages- und Fachpresse.

## tzung

Badebetrieb werden heute vermehrt auch Kurgelände mit der aus dem Thermalwasser gewonnenen Wärmeenergie beheizt.

Die geothermische Wärmenutzung der Schweiz steht im internationalen Umfeld sehr gut da: bei über 450 MW installierter Leistung belegt die Schweiz weltweit den 5. Platz. Bezieht man diese Zahlen auf die Einwohnerzahl, so wird nach Neuseeland und Island der dritte Platz erreicht.

Schlussbericht:

Statistik Geothermische Nutzung der Schweiz für die Jahre 2000 und 2001; Th. Kohl, N. Andenmatten, L. Rybach, Geowatt AG, 2003, ENET-Nr. 230035

**Ladislav Rybach**

Professor em. ETH  
Zürich, Geschäftsführer der Geowatt AG, Zürich

**Welche Entwicklung sehen Sie weltweit bei der Umsetzung von geothermischer Forschung?**

Die vielfältigen geothermischen Forschungsergebnisse, insbesondere hinsichtlich Charakterisierung der Ressourcen, der Prozesse des Wärmetransports im Untergrund und Nachhaltigkeit der Produktion, sollten möglichst zügig in die Praxis umgesetzt werden. Die Verarbeitung und Verbreitung der dabei gewonnenen Erkenntnisse kann im Rahmen der internationalen Netzwerke erfolgen.

**In welchem Bereich kann die Schweiz eine Rolle bei der Umsetzung geothermischer Forschungsergebnisse spielen?**

Die Schweiz ist bereits weltweit führend bei der Nutzung untiefer Geothermie, also dem Einsatz von Erdwärmepumpen. Weitere Fortschritte sind von Systemoptimierungen zu erwarten. Wesentlich wäre dabei die Beteiligung der Schweiz an diesbezüglichen Projekten der EU, beispielsweise am 6. Forschungsrahmenprogramm.

**Als Vizepräsident der International Geothermal Association (IGA) haben Sie vor kurzem den Europäischen Kongress EGC 2003 in Szeged (Ungarn) eröffnet. Was waren dort die wesentlichen Themen?**

Wichtig war vor allem die erneute Standortbestimmung der intensiven, weltweit zu beobachtenden Forschungs- und Entwicklungsarbeiten. Die Länder Osteuropas zeichnen beispielsweise bedeutende geothermische Potenziale. Für eine Erschliessung in grossem Stil müssen die bestehenden legalen, institutionellen und finanziellen Hemmnisse jedoch identifiziert und abgebaut werden. Dazu hat dieser Kongress in Ungarn hoffentlich ebenfalls beigetragen. Ich befasste mich in meinem Referat mit den aktuellen und künftigen Aspekten der Nachhaltigkeit und Umweltsituation der geothermischen Energie.

# Im Untergrund Wärme

SUVA-Zentrum D4 in Root nutzt Diffusionswärme- und Kälteproduktion mit erneuer

In diesen Tagen werden die Räumlichkeiten des Unternehmens- und Innovationszentrums D4 in Root bei Luzern bezogen. Die erste, 65'000 m<sup>2</sup> Nettogeschossfläche umfassende Bauetappe ist damit abgeschlossen. Energetisches Ziel dieses SUVA-Projekts war: 50 % des Bedarfs sollen mit erneuerbaren Energien gedeckt werden. Ausgangspunkt der Wärmeproduktion ist der grösste saisonale Diffusionsspeicher der Schweiz, der mit 49 Sonden zu je 160 m den Felsuntergrund zur Speicherung nutzt.

**Energiekonzept mit Diffusionsspeicher im Mittelpunkt**

Das Gesamtenergiesystem umfasst neben dem Diffusionsspeicher eine kombinierte Wärmepumpe/Kältemaschine mit angeschlossener Wärme- und Kältespeicherung.

Auf dem Dach befinden sich rund 660 m<sup>2</sup> Sonnenkollektoren. Diese dienen neben der direkten Wärmeversorgung für Brauchwasser und Heizung vor allem der Wiederaufladung des Speichers während des Sommerhalbjahres.

Der Diffusionsspeicher wird sowohl für Heiz- als auch Kühlzwecke eingesetzt. Der Kältebedarf für das Bürogebäude wird so weit wie möglich durch Direktkühlung aus dem felsigen Untergrund geliefert. Durch die zentrale Versorgung mit Wärme und Kälte kann man eine hohe Energieeffizienz erreichen.

## Energiepfähle für eine Schule mit Minergie-Standard

Für das Fundament der Primarschule „Vers l'église“ in der Walliser Gemeinde Fully mussten aufgrund der schlechten Baugrundverhältnisse 118 Rammpfähle eingesetzt werden. 41 davon wurden als unterirdische Wärmetauscher, also Energiepfähle, ausgestattet. Das als Minergie-Gebäude konzipierte Schulhaus benötigt für die Heizung ca. 92'000 kWh pro Jahr. Vier in Reihe geschaltete Wärmepumpen stehen zur Verfügung und nutzen die Erdwärme im Winter. In Kombination mit einer Komfortlüftung wird damit die Decken-Heizung betrieben. Für die sommerliche Raumkühlung wird die Wärme von rund 50'000 kWh pro Jahr in den Erdspeicher abgeführt und somit für den Winterbetrieb gespeichert.

**Schlussbericht:**

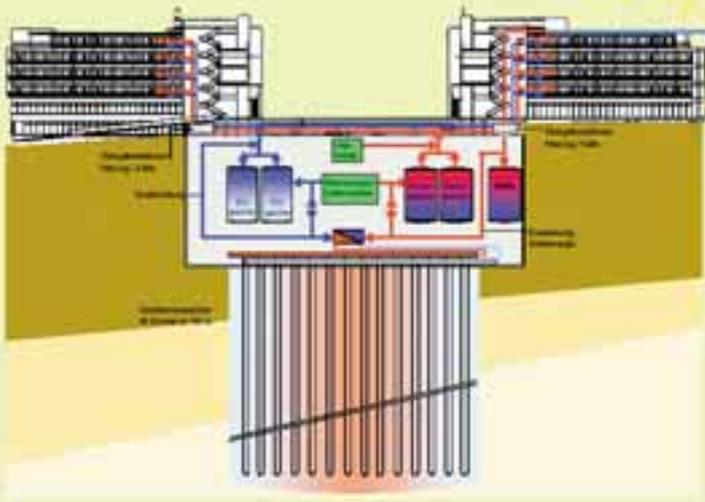
Pieux énergétiques avec distribution de chaleur et de froid intégrée dans la structure; Centre scolaire Vers l'église/Fully; M. Bonvin, P. Cordonier, HEVs, 2002, ENET-Nr. 220162



49 Sonden mit Abständen von 6,5 m wurden im Jahre 2001 in den Felsuntergrund bei Root/Luzern eingebracht. (Foto: D4center.ch)

# speichern

speicher zur  
barer Energie



*Geothermischer Diffusionsspeicher als Grundlage des Energiekonzepts von D4, dem neuen Unternehmenszentrum der SUVA in Root bei Luzern.*



**Daniel Pahud**  
Leiter der  
Forschungsgruppe  
am SUPSI-DCT-  
LEEE

**An Ihrem Institut haben Sie Modelle für Erdwärmesondenfelder und Geostrukturen, wie z.B. Energiepfähle, entwickelt. Welche Bedeutung haben diese in der Energieforschung?**

Das Ziel besteht darin, ein geothermisches Sondenfeld oder Geostrukturen als integrierter Teil eines Wärme- und/oder Kältesystems zu simulieren. Diese Simulationen erlauben, die kurzzeitigen Effekte (Systemdynamik) aber auch das Langzeitverhalten (thermischer Eintrag in die Erde) zu studieren. Dies ist wichtig für die Dimensionierung, das Evaluieren der Varianten, die Optimierung usw.

**Wo sehen Sie konkrete Anwendungsmöglichkeiten dieser 3D-Modelle?**

Für alle Applikationen, die sich durch eine relativ hohe Zahl an Energiepfählen oder Erdwärmesonden auszeichnen. Die saisonale Speicherung von Solarenergie ist ebenfalls eine konkrete Anwendung.

**Gibt es bei den Möglichkeiten zur Nutzung geothermischer Energie Unterschiede zwischen den einzelnen Regionen der Schweiz?**

Nicht wirklich. Aber es sind dennoch die bestehenden Konditionen durch die lokale Geologie und Hydrogeologie, welche die möglichen Nutzungsmöglichkeiten bestimmen.

## Messungen beim Dock Midfield

Beim neuen Terminal Dock Midfield des Flughafens Zürich sind 315 der insgesamt benötigten 440 Fundationspfähle – mit Wärmetauscherrohren bestückt – als Energiepfähle konzipiert worden. Da der Terminal im Jahre 2002 nicht in Betrieb genommen wurde, konnte die Funktion der Energiepfähle bisher erst provisorisch getestet werden. Im Herbst startete man die zum System zugehörige Wärmepumpe (Leistung Heizkondensator 630 kW). Für die Messungen stehen 118 Datenpunkte zur Verfügung, davon allein für die Energiepfähle 30. Zunächst sind nun Untersuchungen ohne komplette Gebäudenutzung geplant, ab Normalbetrieb im Herbst 2003 dann jährliche Messreihen.

Zwischenbericht:  
Energiepfählanlage Dock Midfield;  
M. Hubbuch, ARGE ZAYETTA, 2002.

## Umfangreiches Untersuchungsprogramm zur optimalen Dimensionierung

Aufgrund der beachtlichen Projektgrösse wurden die geologischen, petrophysikalischen, thermischen und geophysikalischen Eigenschaften des schräg geschichteten Felsuntergrunds mit einer über 160 m tiefen Pilotbohrung im Detail abgeklärt. Parallel dazu führte man Mitte 1999 auch geothermische „Response tests“ durch, mit welchen die mittlere Wärmeleitfähigkeit des Felsens und der thermische Widerstand der Sonden bestimmt werden konnten.

Für die Dimensionierung des Diffusionsspeichers wurde das Programm PILESIM eingesetzt, das ein ideales Werkzeug zur Simulation von Heiz- und Kühlsystemen, das heisst der energetischen Nutzung von Energiepfählen oder Erdwärmesondenfelder, darstellt.

Schlussbericht:  
Etude pilote pour le stockage diffusif des bâtiments du centre D4 de la SUVA à Root, Lucerne, D. Pahud, LEEE, 2001,  
ENET-Nr. 210227

**Jules Wilhelm**  
Schweiz. Vereini-  
gung für Geo-  
thermie (SVG)



### Wie beurteilen Sie den Kenntnisstand über die Geothermie in der Schweiz?

Trotz eines gewissen Bekanntheitsgrades der Vorteile und zahlreichen Möglichkeiten zur Nutzung von Erdwärme muss die Informationsvermittlung als eine wichtige Aufgabe verstärkt werden. Die Verantwortlichen der Energiepolitik, die Behörden, Fachleute und potenzielle Anwender müssen über die Geothermie im selben Mass informiert sein wie über die anderen erneuerbaren Energien.

### Mit welchen Aktivitäten fördert die Schweizerische Vereinigung für Geothermie (SVG) die Nutzung geothermischer Energie?

Die SVG unterstützt die Anwendung geothermischer Energie seit ihrer Gründung im Jahre 1990. Dies vor allem durch die Verbreitung von Informationen und durch Kontakte zu politischen, wissenschaftlichen und industriellen Kreisen. Seit 2001 ist die SVG – im Rahmen des Programmes EnergieSchweiz und im Mandat des Bundesamts für Energie – noch aktiver in den Bereichen Ausbildung, Qualitätssicherung und Marktbeziehungen.

### Welchen Einfluss hat der SVG auf die Entscheidungsprozesse der Politik?

Einerseits ist unsere Präsidentin, Nationalrätin Kathy Riklin, sehr aktiv im Parlament und bei den Bundesbehörden, andererseits partizipiert die SVG auch an der Arbeit der Agentur für Erneuerbare Energien (AEE), indem beispielsweise die Aktionen zur Sicherung der finanziellen Mittel des Bundes für erneuerbare Energien mitgetragen wurden.

## Wärme an den Portalen

Die beiden AlpTransit-Basistunnel eröffnen neue Möglichkeiten zur Nutzung geothermischer Energie

Was bereits für sechs Schweizer Tunnel gilt, soll in verstärktem Masse auch für die beiden im Bau befindlichen AlpTransit-Projekte zur Anwendung kommen: Nutzung geothermischer Energie an den Portalen der neuen Eisenbahntunnel. Anstatt das warme Bergwasser in Verdunstungsbecken abkühlen zu müssen bevor es in einen Vorfluter geleitet werden darf, werden unterschiedlichste Anwendungsmöglichkeiten geprüft, um diese Wärmeenergie sinnvoll für Heizzwecke zu nutzen. Insgesamt rechnet man bei beiden Basistunnel mit einem gesamten Energiepotenzial von bis zu 20 MW<sub>th</sub>.

### Messungen bestätigen die berechneten Prognosen

Aufgrund der geologischen Verhältnisse bzw. der hohen Überlagerung des Gebirges rechnet man beim neuen Gotthard-Tunnel mit einer Felstemperatur von über 40 °C. Somit sollten an den Portalen warme Drainagewässer mit über 30 °C für eine angemessene Nutzung zur Verfügung stehen. Erste Messungen während des Baufortschritts haben diverse Temperaturprognosen erfreulicherweise bestätigt. Da die anfallenden Wassermengen allerdings erst nach dem Durchstich feststehen, kann die tatsächlich nutzbare Wärmeenergie erst zu diesem Zeitpunkt endgültig bestimmt werden.

Beim Lötschberg-Basistunnel, bei dem bereits rund 80 % der geplanten Tunnellänge durchbohrt sind, rechnet man mit rund 10 °C tieferen Temperaturen und einem halbierten Volumenstrom an Drainagewässern im Vergleich zum Gotthard. Projektplanungen für Wärmenutzungen sind hier jedoch bereits weit fortgeschritten.

### Wärmenutzung bereits ab 2004 möglich

Je nach Situation der Bauarbeiten ist eine Tunnelwassernutzung beim Lötschberg schon ab 2004 realisierbar, beim Gotthard frühestens ab 2008. Das Bundesamt für Energie hat aufgrund des richtungsweisen Charakters dieser Projekte die Durchführung von mehreren Detailstudien zum Wärmeangebot und zu möglichen Nutzungsvarianten, beispielsweise Tropenhäuser, gezielt unterstützt.

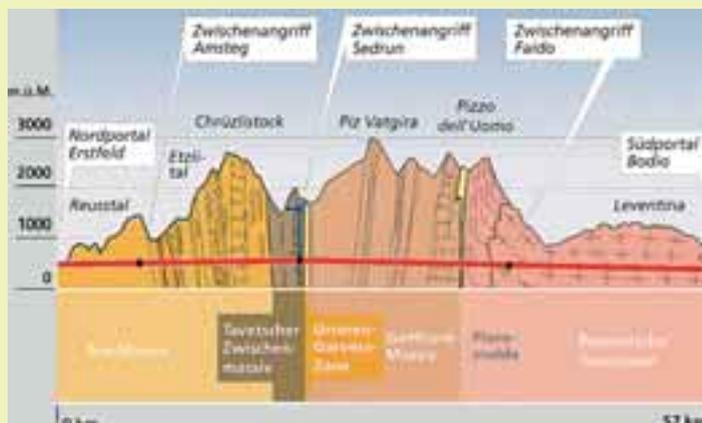
Weitere Informationen:

[www.geothermal-energy.ch](http://www.geothermal-energy.ch)

[www.alptransit.ch](http://www.alptransit.ch)

[www.blsalptransit.ch](http://www.blsalptransit.ch)

Geologischer Querschnitt des Gotthard-Basistunnels.  
(Grafik: AlpTransit)



# Kaskadennutzung

Mit der zweiten Bohrung konnte der Energiebedarf des Thermalbades Lavey-les-Bains gedeckt werden

Entdeckt wurde die heisse Quelle von Lavey an der Rhône bereits 1831. Rund 150 Jahre später ermöglichte eine Bohrung von 201 m Tiefe die Errichtung des Thermalbades Lavey-les-Bains (VD) bei St. Maurice. Es flossen 400 l/min mit 62 °C aus dem Bergmassiv. 1998 erstellte man eine zweite Bohrung mit ca. 600 m Länge, welche erstaunliche Wassermengen von über 1300 l/min mit beinahe 69 °C an die Oberfläche förderte. Mit einem Produktionstest konnte bewiesen werden, dass man gleichzeitig beide Wasserfassungen nutzen kann. Dieses Projekt wurde vom BFE unterstützt, weil die beiden Aspekte Wärme-Contracting (Kanton Waadt) und Kaskadennutzung des Thermalwassers zentrale Bestandteile darstellten.

## Bad Schinznach substituiert

Im Jahre 1996 wurde eine neue Geothermiebohrung auf dem Areal der Bad Schinznach AG (Aargau) erfolgreich realisiert – die damalige Bohrrisiko-Garantie des Bundes musste nicht beansprucht werden. Ein Jahr später erfolgte die Inbetriebnahme dieser Geothermiebohrung für die Badwasseralimentation (Direktbetrieb). Mit dem Projekt einer Wärmegewinnung aus Thermalwasser mit Hilfe einer Wärmepumpe zur Heizung des Gebäudes und eines Gewächshauses lassen sich inzwischen jährlich rund 390 t Heizöl substituieren. Auf der Grundlage von Daten eines Messkonzepts (Erfolgskontrolle) konnte die energetische Wärmenutzung des Wassers laufend optimiert werden.

Schlussbericht:

Bad Schinznach: Wärmegewinnung aus Thermalwasser S3; St. Flury, SYTEK AG, 2002, ENET-Nr. 220121

## Effiziente Kaskadennutzung des Thermalwassers

Durch die zweite Bohrung liess sich erreichen, dass beinahe der gesamte Bedarf an Heizenergie für die Kurgebäude, Warmwassererzeugung und Wärme für die Thermalbäder (Innen- und Aussenanlagen) ohne



*Mit über 60 °C gehört Lavey-les-Bains zu den heissen Thermalbädern in der Schweiz. Gleichzeitig deckt das Quellwasser auch den Wärmeenergiebedarf von mehreren Kurgebäuden.*

Benutzung einer Wärmepumpe gedeckt werden kann. Durch vier in Stufen geschaltete Wärmetauscher-Einheiten kann das vom ersten Reservoir (63 °C) kommende Thermalwasser auf verschiedenen Temperaturniveaus genutzt werden und steht somit für unterschiedliche therapeutische Anwendungen zur Verfügung. Für ausserordentlich kalte Wintertage steht ein Öl-Spitzenlastkessel bereit.

## Potenziale für Zusatznutzen im nahen St. Maurice

Die verbliebene Wärmeenergie des heutigen Abflusses des Thermalwassers in die Rhône – rund 650 l/min bei einer Temperatur von 30 – 34 °C – könnte beispielsweise auch zu Heizzwecken im zwei Kilometer entfernten St. Maurice eingesetzt werden.

## Geothermie präsentiert sich in der Romandie

Zu Beginn des Jahres 2003 wurde in Lausanne die Geothermie-Wanderausstellung „Exposition romande sur la géothermie“ eröffnet. Zurzeit ist sie in Genf zu besichtigen. Bis Ende 2004 wird sie in weiteren Städten der Romandie Halt machen und einen Überblick über geothermische Potenziale sowie Anwendungsmöglichkeiten vermitteln. Poster, Modelle, Videos und Dias geben Interessierten, Schulen, Behörden und dem Gewerbe einen Einblick in die bereits realisierten Anlagen sowie in Projekte, die sich in der Realisierungsphase befinden. Mit einer speziell für diese Ausstellung geschaffenen CD können die Informationen weiter vertieft werden.

## SVG – das Netzwerk für Erdwärme

Die Schweizerische Vereinigung für Geothermie (SVG/SSG) vermittelt seit ihrer Gründung von 1990 Informationen und Perspektiven für die Erdwärmenutzung in der Schweiz. In enger Zusammenarbeit mit nationalen Institutionen, beispielsweise



der Fördergemeinschaft für Wärmepumpen Schweiz (FWS), und internationalen Organisationen werden aktuelle Forschungs- und Entwicklungstrends an die schweizerischen Gegebenheiten angepasst.

Info-Blätter, regelmässige Publikationen, Fachveranstaltungen usw. dienen der gezielten Verbreitung von Kenntnissen und Erfahrungen, die mit allen heute zur Verfügung stehenden Technologien der Erdwärmenutzung gesammelt wurden.

Die SVG-Internet-Seite bietet zahlreiche Links zu weltweit verbreiteten Anwendungen von Erdwärme:

[www.geothermal-energy.ch](http://www.geothermal-energy.ch)

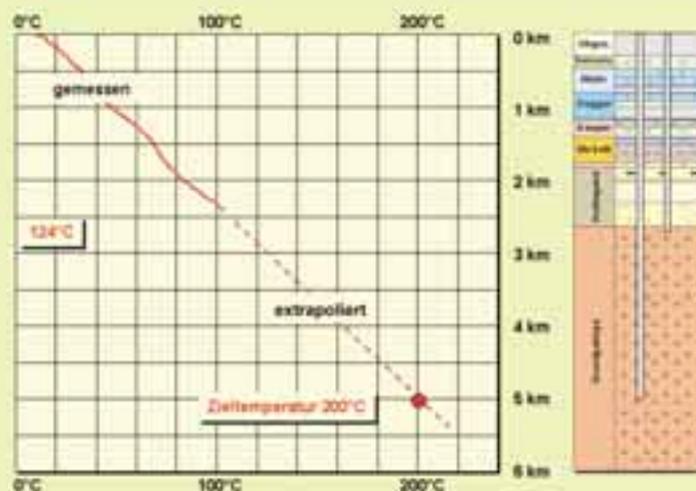
# Perspektiven aus der Tiefe

Tiefenbohrungen und Hot-Fractured-Rock-Verfahren eröffnen neue Perspektiven für Bandenergie

Mit der vom BFE und anderen Organisationen unterstützten Sondierbohrung Otterbach bei Basel konnte man 2001 die Machbarkeit des Hot-Fractured-Rock-Verfahrens (früher Hot-Dry-Rock) prüfen und den geologischen Aufbau des Untergrundes näher untersuchen. Überraschend war die höher als erwartete Temperaturzunahme, nämlich  $4,0\text{ }^{\circ}\text{C}$  pro 100 m, statt den errechneten  $3,8\text{ }^{\circ}\text{C}$  pro 100 m. Zudem hat man in 1600 m Tiefe ein mächtiges Salzlager gefunden und eine über 250 Mio. Jahre alte Schicht – das sog. Rotliegende – von einer nicht erwarteten Mächtigkeit von über 800 m durchbohrt, bevor das kristalline Grundgebirge erreicht wurde.

## Kristallines Grundgestein als Wärmetauscher

Um bis dorthin zu gelangen, Proben entnehmen und Temperaturmessungen durchführen zu können, war bei Otterbach eine Tiefenbohrung von 2755 m notwendig. In 5 km Tiefe wird man rund  $200\text{ }^{\circ}\text{C}$  antreffen, womit die Grundlage für die Realisierung eines geothermischen Kraftwerks zur kombinierten Strom- und Wärmeproduktion gelegt ist. Erweitert man mit hydraulischem Druck die in dieser Tiefe vorhan-



Mit der Sondierbohrung bei Otterbach (Basel) wurde ein über Erwartungen hoher Temperaturgradient nachgewiesen.

denen Klüfte, so entsteht ein künstlicher Wärmetauscher, in den man kaltes Wasser einpressen kann. Dieses erhitzt sich auf dem Weg durch das Gestein und kann mit weiteren Bohrungen an die Oberfläche gefördert werden. Mit konventionellen Wärmetauschern wird die Energie einerseits dem

in Basel vorhandenen Fernwärmenetz übergeben und andererseits mit einer Turbine verstromt.

## Internet-Links

Informationen zu den Schweizer Projekten (Deep Heat Mining DHM)

[www.dhm.ch](http://www.dhm.ch)

[www.geothermal.ch](http://www.geothermal.ch)

[www.geothermal-energy.ch](http://www.geothermal-energy.ch)

Das EU-Projekt in Soultz-sous-Forêts (Frankreich)

[www.soultz.net](http://www.soultz.net)

Tiefenbohrungsprojekt in Bad Urach (Deutschland)

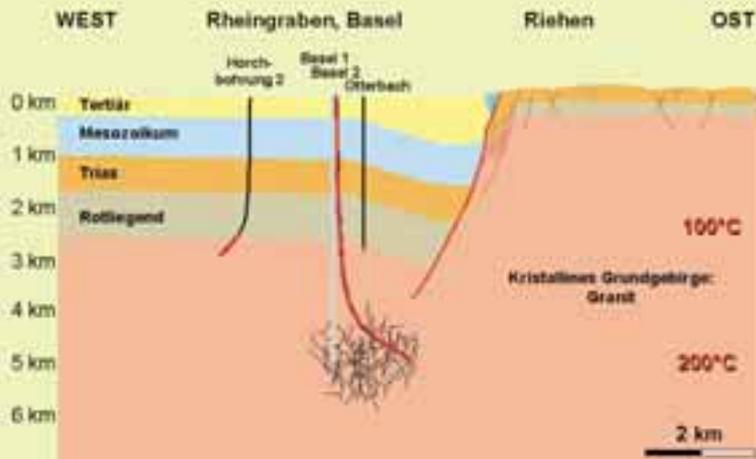
[www.geothermie.de/bad\\_urach2.htm](http://www.geothermie.de/bad_urach2.htm)

## Europas Pilotanlage für die Forschung

Das europäische Hot-Dry-Rock-Forschungsprojekt hat nördlich von Strassburg, in Soultz-sous-Forêts, im Zeitraum von 1987–97 mit zwei Bohrungen (GPK1; ca. 3700 m Tiefe) die Machbarkeit dieser Technologie bewiesen. Inzwischen erreichte man mit einer weiteren Bohrung (1998–2001) im Grundgebirge in einer Tiefe von 5000 m Temperaturen von über  $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Zurzeit wird ein 3-Loch-Produktionssystem realisiert. In der Klüftungszone sollen diese drei Bohrungen einen Abstand von jeweils rund 600 m haben, um eine möglichst grosse Wärmetauscherzone bewirtschaften zu können. Untersucht werden u.a. die Langzeitzirkulation und die Effizienz der Stromerzeugungsanlage ( $6\text{ MW}_{el}$ .)

HDR-Forschungsprojekt in Soultz-sous-Forêts.





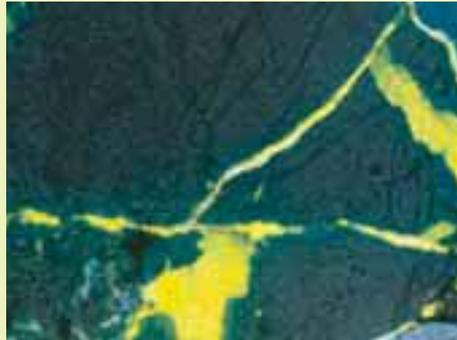
Erschliessungskonzept für das geothermische Wärmekraftwerk in Basel.

### Messstation für geophysikalische und seismische Beobachtungen

Inzwischen wurde das vorhandene Bohrloch auf seiner gesamten Länge verrohrt, um es bis zur Sohle zugänglich zu erhalten. Damit stand der Weg offen für den Einbau eines permanent installierten Messkabels mit einer Serie unterschiedlicher Geophone zur akustischen Identifikation des zu erzeugenden, zerklüfteten Reservoirs und für seismische Beobachtungen in einer bisher unerreichten Tiefe.

Die technologischen Vorbereitungen für die Durchführung einer ersten Bohrung bis in die geplante Produktionstiefe von ca. 5000 m sind abgeschlossen. Die untersten

300 m dieser Bohrung sollen dabei unverrohrt bleiben, um nach Vermessung der ungestörten Verhältnisse erste Injektions- und Fördertests zu ermöglichen. Diese Tiefenbohrung soll auf einem Werkhofgelände der Industriellen Werke Basel (IWB)



Fluoreszenz-Mikroskopie an Dünnschliffen von Granitkernen zur Analyse der Klüftungseigenschaften im kristallinen Gestein. (Bilder: Geothermal Explorers Ltd.)

## Genf: für das nächste Projekt prädestiniert

Potenzielle Standorte für weitere Schweizer Hot-Fractured-Rock-Projekte wurden aufgrund von geologischen Überlegungen sowie im Hinblick auf eine mögliche Wärmelieferung an ein Verteilnetz überprüft. Dabei hat sich neben Basel auch Genf als vorteilhafte Lage herausgestellt. In der Umgebung der Rhône-Halbinsel Aïre soll im Jahre 2005 mit den Arbeiten für eine Explorations- bzw. Horchbohrung begonnen werden.

Schlussbericht der Grundlagenuntersuchung: Deep Heat Mining: Investigation relatives à l'implantation d'une centrale DHM à Genève, J. Wilhelm, 2002, ENET-Nr. 220267

in Kleinhüningen abgeteuft werden. Dort will man die Anlage bauen, welche Strom und Wärme schlussendlich in die entsprechenden Netze einspeisen wird.

## Energie aus dem Untergrund

Die Herausforderung der modernen Gebäudetechnik lautet: Wärme und Kälte zum richtigen Zeitpunkt verfügbar machen. Mit dem Erdreich als saisonaler Speicher kann dies optimal erfüllt werden. Mit dieser Thematik befassten sich die Referenten an der Tagung vom 6. Mai 2003 an der EMPA in Dübendorf. Zunächst wurden die allgemeinen Grundlagen der geothermischen Energienutzung vorgestellt und die gesetzlichen Rahmenbedingungen für Anwender behandelt. Danach konzentrierte man sich auf den Einsatz von Erdwärmesonden, Energiepfählen und Luftansaug-Erdregistern als mögliche Energiequelle für Gebäudeheizung und -kühlung. Thermoaktive Bauteile (TABS) sind seit einiger Zeit in Anwendung, bieten aber in Kombination mit Erdwärmespeicher und hochisolierten Gebäudehüllen eine noch viel versprechendere Perspektive.

[www.empa-ren.ch](http://www.empa-ren.ch)

## Geothermische Energie-Erzeugung: Vision oder Realität?

An einer Informationstagung der Fachgruppe Geothermie der Energietechnischen Gesellschaft (ETG) von Electrosuisse konnten am 19. März 2003 verschiedene Experten innovative Technologien zur Wärme- und Stromproduktion aufzeigen. Ladislaus Rybach, Geowatt AG, Thomas Kohl, Institut für Geophysik der ETHZ, Markus Häring, Geothermal Explorers Ltd., Raphael Speck und Bernd Klöckl, beide ETH Zürich, präsentierten die gesamte Bandbreite aktueller und künftiger Erdwärmennutzung.

[www.electrosuisse.ch/etg](http://www.electrosuisse.ch/etg)

# Noch leisere Wärmepumpen

## Massnahmen für eine gezielte Lärmreduktion bei Luft-Wasser-Wärmepumpen

### Thomas Kopp

BFE-Programmleiter  
(F+E) für Umgebungs-  
wärme  
c/o HSR  
CH-8640 Rapperswil

### Max Ehrbar

BFE-Programmleiter  
(P+D) für Umgebungs-  
wärme  
c/o NTB  
CH-9470 Buchs

### Fabrice Rognon

BFE-Bereichsleiter  
für Umgebungs-  
wärme

Mehr als die Hälfte der neuen Kleinwärmepumpen mit Wärmeleistungen bis 25 kW nutzt Umgebungsluft als Wärmequelle. Besonders in dicht besiedelten Gebieten haben diese Luft-Wasser-Wärmepumpen vereinzelt zu Beanstandungen der Lärmimmissionen geführt. Im Rahmen eines vom BFE unterstützten Forschungsprojekts wurden die Lärmquellen von solchen Anlagen untersucht. Daraus entstand in der Zwischenzeit ein Leitfaden mit einer grossen Zahl konkreter Massnahmen für Hersteller und Planer, damit lärmarme konstruktive Lösungen für Luft-Wasser-Wärmepumpen realisiert werden können.

### Grundlagen der Akustik

Die Einführung in die theoretischen Grundlagen der Akustik führt zum Verständnis einer möglichen Lärmverminderung bei Wärmepumpenanlagen. Sie erlaubt auch eine Prognose der Wirksamkeit einzelner und kombinierter Massnahmen zur Reduktion der Schallimmissionen durch die Berechnung der Schallausbreitung im Freien und des Beurteilungslärmpegels. Auch die wesentlichen Richtlinien zur Messung der Schallemissionen werden im vorliegenden Leitfaden zusammengetragen. Einzelne Wissenslücken wurden durch eigene Messungen geschlossen.

Dabei hat man erkannt, dass rund 90 % der Lärmemissionen durch die Ventilatoren zur Umwälzung der Umgebungsluft verursacht werden. Es werden wichtige Massnahmen zur Reduktion des Ventilatorlärms erarbeitet.

Schlussbericht:  
Lärmreduktion bei Luft-Wasser-Wärmepumpenanlagen – Grundlagen und Massnahmen;  
Hans Rudolf Graf, BFE 2002  
ENET-Nr. 220 193  
Download:  
[www.waermepumpe.ch/fe](http://www.waermepumpe.ch/fe) (Berichte)

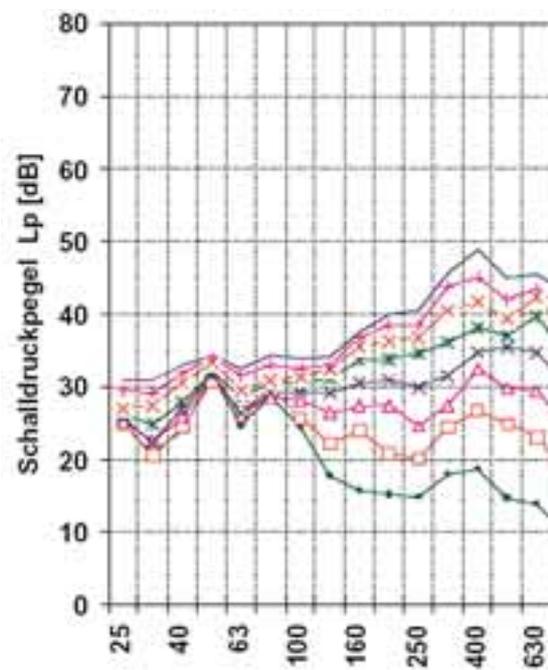


### Konzentration auf Ventilator-Bereich

Mit einer sorgfältigen Wahl des Ventilators können bereits im Planungsstadium wichtige Weichen gestellt werden. Dabei ist zu beachten, dass folgende Punkte erfüllt sind:

- Ventilortyp für möglichst geringe Umfangsgeschwindigkeit
- spezielle Schaufelformen für geringen Schalleistungspegel, die jedoch leider noch nicht im Handel sind

Lärmmessungen im Akustiklabor an Luftein- und -austrittsöffnungen mit strömungsoptimiertem Schutzgitter.

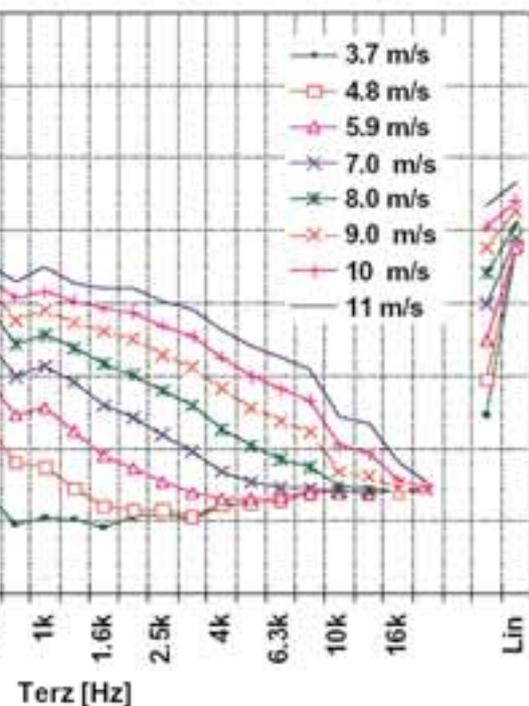


Messung der Strömungsgeräusche: Schalldruckspektren in einem Abstand von einem Meter in Abhängigkeit der Strömungsgeschwindigkeit im freien Querschnitt.

- unregelmässiger Schaufelabstand am Umfang.

Die Verbesserung der Strömungsführung in Ventilatornähe (Einlass, Kanalkrümmungen usw.) bietet weitere Optimierungsmöglichkeiten. Anzustreben sind geringe Druckverluste der Luftkanäle, wobei eine Luftgeschwindigkeit von ca. 4 m/s nicht zu überschreiten ist. Im Weiteren wird vorge schlagen, dass die Querschnittsfläche der Luftschächte für Ein- und Austritt grösser als 140 % der freien Kanalquerschnittsfläche ist und ein strömungsoptimales Schutzgitter montiert wird.

*Aufbau der Aussenmessung der Geräuschemissionen von Luft-Wasser-Wärmepumpenanlagen. (Bilder aus Schlussbericht)*



Stellt man unter den Geräuschen einen stark hörbaren Einzelton fest, den beispielsweise ein Ventilator verursacht, so empfiehlt sich der Einbau von Resonanzschalldämpfern. Und die Luftkanäle sollten mit mindestens 50 mm dicken schallabsorbierenden Materialien isoliert werden.

#### **Auch der Arbeitsmittelkompressor ist hörbar**

Der Arbeitsmittelkompressor ist die zweitwichtigste Lärmquelle einer Anlage. Zur Reduktion des Kompressorlärms werden

folgende Massnahmen ausführlich beschrieben:

- akustische Kapselung, d.h. Schallabsorption durch Auskleidung auf der Innenseite
- optimale ein- bis zweistufige Körperschallisolation.

Auch die Kältemittelleitungen können beachtenswerte Lärmemissionsquellen sein. Deshalb ist bei ihnen ebenfalls eine entsprechende Isolation notwendig. Im Schlussbericht werden die vorgeschlagenen Massnahmen durch zahlreiche Skizzen, Diagramme und Messergebnisse illustriert.

Autor: Martin Zogg

## Neuer Programmleiter für Pilot- und Demonstrationsprojekte

Max Ehrbar, Professor für Thermodynamik an der Interstaatlichen Hochschule für Technik (NTB) in Buchs (SG), ist neuer Leiter für Pilot- und Demonstrationsprojekte des BFE-Forschungsprogramms Umgebungs-wärme, Wärme-Kraft-Kopplung und Kälte. Er ist Leiter des 1998 gegründeten Instituts für Mess-, Prüf- und Simulationstechnik (IMPS) an der NTB. Eingebunden sind heute sieben Labors, wovon sich jenes für Thermodynamik und Kältetechnik (gegründet 1972) vorwiegend mit Wärmepumpen, Kältemaschinen und deren Komponenten befasst.



Max Ehrbar

In Zusammenarbeit mit Industrie und Behörden führt das Labor für Thermodynamik und Kältetechnik theoretische und experimentelle Forschungs- und Entwicklungsarbeiten durch, bietet Beratungen sowie thermische und strömungstechnische Berechnungen an und stellt Unterlagen für Interessierte zur Verfügung. Ab 1. Oktober 2003 werden Typenprüfungen an kommerziellen Wärmepumpen, welche bisher im Testzentrum Töss durchgeführt wurden, am NTB realisiert.

In wenigen Tagen, am 8. Juli 2003, wird Max Ehrbar zusammen mit Peter Hubacher im Rahmen des NTB-Vortragszykluses „Nachhaltige Energietechnik“ das schweizerische Qualitätssicherungssystem für Wärmepumpen vorstellen.

Informationen zum NTB-Institut für Mess-, Prüf- und Simulationstechnik:  
[www.ntb.ch](http://www.ntb.ch) (unter Technologietransfer, Institute)

Kontaktadresse:  
Max Ehrbar, Prof. Dr., dipl. Masch.-Ing. ETHZ  
NTB Interstaatliche Hochschule für Technik  
Werdenbergstrasse 4  
CH-9471 Buchs  
ehrbar@ntb.ch

# Für kombinierte Standards forschen

Internationale Gruppe sucht neue Prüfverfahren für kombinierten Einsatz von Wärmepumpen

## Thomas Afjei

### Carsten Wemhöner

Projektleiter  
Fachhochschule  
beider Basel (FHBB)  
Institut für Energie  
(IfE)  
CH-4132 Muttenz

## Thomas Kopp

BFE-Programmleiter  
(F+E) für Umge-  
bungswärme  
c/o HSR  
CH-8640 Rapperswil

## Fabrice Rognon

BFE-Bereichsleiter  
für Umgebungs-  
wärme

Die Zusammenarbeit im Rahmen des Wärmepumpen-Programms der IEA (Internationale Energie-Agentur) hat einen neuen Höhepunkt erfahren. Im Auftrag des BFE hat das Institut für Energie (IfE) der FHBB in Muttenz die Leitung eines neuen Projekts (Annex 28) übernommen. Dabei stehen neue Prüfverfahren und Leistungskalkulationen für Wärmepumpenanlagen zur kombinierten Raumheizung und Warmwasserbereitung im Mittelpunkt. An diesem rund zwei Jahre dauernden Forschungsprojekt, das im März 2003 mit einem ersten Treffen in Muttenz gestartet wurde, nehmen Vertreter aus zehn Ländern teil.

## Wachsende Bedeutung der Warmwasserbereitung

Das Thema dieses Projekts liegt in der Tatsache begründet, dass der Anteil des Wärmebedarfs für die Warmwasserbereitung verglichen mit jenem für Raumwärme kontinuierlich zunimmt, die entsprechend kombinierten Wärmepumpenanlagen somit an Bedeutung zunehmen. Deren Gesamteffizienz ist ein wichtiger Faktor; heutige Testverfahren verfolgen jedoch stets eine separate Betrachtungsweise. Mit dem IEA-Projekt will man nun die Untersuchung auf kombinierte Systeme, die mit unterschiedlichen Verfahren Warmwasser aufbereiten, ausweiten.

In einem ersten Schritt sollen die verschiedenen Systeme für kombinierten Einsatz analysiert werden, um dadurch die notwendigen Parameter zu erkennen. Eine weitere Teilaufgabe wird sich mit der Entwicklung eines Testverfahrens befassen, basierend auf bestehenden Methoden. Und schliesslich sollen Kalkulationsgrundlagen für die Gesamt-Jahresarbeitszahl erarbeitet werden.

## Länderspezifisches Know-how einbringen

Beim Starttreffen der internationalen Forscher haben die verschiedenen Institute ihre aktuellen Projekte und ihre eigentliche Kernkompetenz vorgestellt und damit die Grundlage für eine mögliche Aufgabenverteilung innerhalb der Zusammenarbeit gelegt. Dabei hat sich deutlich gezeigt, dass jedes Land spezifische Rahmenbedingungen berücksichtigen muss, die sich vor allem aus den klimatischen, aber auch durch energiewirtschaftliche Voraussetzungen ergeben. So ist in Japan beispielsweise der Bedarf an sommerlicher Raumkühlung sehr ausgeprägt, und aufgrund des deutlich günstigeren Nachtstroms sind Wasserspeicher üblich. In England hingegen lässt sich wegen versiegender Erdölquellen in der Nordsee ein verstärktes Interesse an der Wärmepumpen-Technik feststellen, insbesondere auch für Retrofit-Anlagen.

*Internationale Forschergruppe in Muttenz anlässlich des Starttreffens des neuen Projekts im Rahmen des IEA-Wärmepumpenprogramms.*



# Schritte in Richtung Markt

Mobiler Stromgenerator PowerPac wird ausgezeichnet und präsentiert sich der internationalen Fachwelt in Hannover

## Felix Büchi

Projektleiter  
PowerPac  
Paul Scherrer  
Institut (PSI)  
CH-5232 Villigen

## Martin Ruge

Zentrum für  
Produktentwicklung  
ETH-Zentrum  
CH-8092 Zürich

## Alphons

Hintermann  
BFE-Bereichsleiter  
Brennstoffzellen

Für den Umweltpreis Reach 2002 war PowerPac bereits nominiert worden, inzwischen ist das gemeinsame Projekt der ETH Zürich (Zentrum für Produktentwicklung und Institut für Mess- und Regeltechnik) und des Labors für Elektrochemie des PSI mit dem Swiss Technology Award 2003

trochemische Reaktion notwendig ist. Das sonst einzusetzende Nebenaggregat entfällt. Als Erleichterung für die Fabrikation dient das neue Dichtungskonzept mit Graphitfolie zwischen den Bipolarplattenhälften. Und aus demselben Material werden nun auch die Stromabnehmer gestaltet.

## Ausbau zur Gerätereihe in Planung

Der PowerPac-Stromgenerator wurde zunächst als 1-kW-Prototyp entwickelt, soll



*Als Gemeinschaftsprojekt von ETHZ und PSI initiiert, wurde PowerPac von Anfang an zusammen mit Industriepartnern entwickelt.*



*Felix Büchi, Projektleiter PowerPac am PSI, präsentierte die Schweizer Brennstoffzellen-Entwicklung an der Hannover-Messe 2003.*

ausgezeichnet worden. Das neuartige Konzept eines tragbaren, netzunabhängigen Geräts zur Bereitstellung von Elektrizität basiert auf einem Niedertemperatur-Brennstoffzellen-System (PEFC), das mit Wasserstoff betrieben wird.

## Technologische Neuheiten reduzieren Gewicht und Kosten

Ziel der vom BFE unterstützten Entwicklungsarbeiten war, den Stapel und die unterschiedlichen peripheren Komponenten, wie Kühlung, Befeuchtung, Wasserstoffrückführung, Elektronik und Regelung derart in einem System zu vereinfachen, dass ein Gesamtwirkungsgrad von 40 % bei möglichst geringem Gewicht und niedrigen Herstellungskosten erreicht werden kann.

Eine der zwei zum Patent angemeldeten technischen Neuheiten ist die direkt im Stapel integrierte Befeuchtung der zugeführten Luft, was für eine optimale elek-



aber in einem nächsten Schritt zu einer Gerätereihe von 0,5 – 2 kW ergänzt werden. In handlicher Koffergrosse und mit einem Gewicht von 25 kg bietet er mobile Einsatzmöglichkeiten. Mit der Präsentation auf dem Gemeinschaftsstand des Swiss Technology Award an der Hannover-Messe 2003 konnte das Team den direkten Kontakt mit einem internationalen Publikum aufnehmen.

*Der Prototyp des PowerPac weist eine Leistung von 1 kW auf. Der Brennstoffzellen-Stapel befindet sich links oben im geöffneten Gerät.*

[www.powerpac.ch](http://www.powerpac.ch)  
[www.swisstechnology-award.ch](http://www.swisstechnology-award.ch)

# Gemeinsam zum SwissMotor

Schweizer Kompetenz in Forschung und Entwicklung führen zur Herstellung einer neuen Gasmotorengeneration

**Karsten Lorenz**  
Projektleiter  
Menag Energie AG  
CH-4435 Niederdorf

**Konstantinos Boulouchos**  
Laboratorium für  
Verbrennungsmotoren und  
Verbrennungstechnik (LVV)  
ETH-Zentrum  
CH-8092 Zürich

**Alphons Hintermann**  
BFE-Bereichsleiter  
Verbrennungsforschung

Die Steigerung des Wirkungsgrades von Gasmotoren war eines der wichtigsten Ziele, als sich 1995 die Schweizer Experten für Motorenbau und Verbrennungstechnik aus Forschung und Industrie an einen gemeinsamen Tisch setzten. Daraus entwickelte sich ein vom BFE und vom FOGA (Forschungs- und Entwicklungsfonds der Schweiz. Gasindustrie) gefördertes Projekt, bei welchem man dank neuartigen technologischen Kombinationen einen SwissMotor realisieren konnte, der sowohl durch einen mechanischen Wirkungsgrad von bis zu 41 % überzeugt, als auch durch extrem tiefe Kohlenmonoxid- und Stickoxid-Werte.

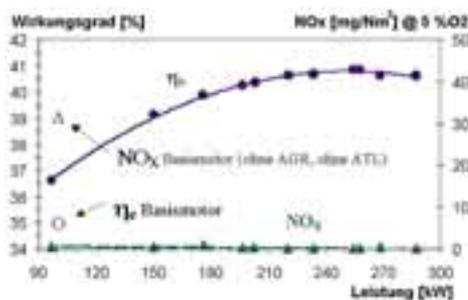
## Bestehende Hindernisse mit neuen Ideen überwunden

Stationär eingesetzte Gasmotoren sind überwiegend als Magermotoren konzipiert. Durch einen hohen Luftüberschuss wird die Schadstoffbildung bereits während des Verbrennungsprozesses vermindert; übliche Abgasnormen können so eingehalten werden. Für verschärfte Normen, wie sie beispielsweise in der Agglomeration Zürich vorgeschrieben sind, reicht dies jedoch nicht. Hier sind neue Entwicklungen notwendig, wie der SwissMotor inzwischen bestätigt.

Karsten Lorenz, Menag Energie AG in Niederdorf, schildert die wesentlichen Entwicklungsschritte: „Dieses Gemein-

schaftsprojekt inspirierte von Anfang an alle Beteiligten und führte dazu, dass in Kombination bekannter Technologien und neuer Ideen ein erfolgreiches Gesamtsystem geschaffen werden konnte. Der Durchbruch darf sicherlich in der optimalen Verschmelzung der Technologien eines Lambda-1-Motors und eines Magermotors in Kombination mit gekühlter Abgasrückführung und integralem Regelungskonzept gesehen werden.“

Das Laboratorium für Verbrennungsmotoren und Verbrennungstechnik (LVV) der ETH Zürich hat das neuartige Konzept entwickelt. Auf dem dynamischen Prüfstand der EMPA wurden dann Messungen durchgeführt, welche die anvisierten Werte bestätigten. Im Rahmen eines Teilprojekts wurde in Zusammenarbeit mit dem Institut für Mess- und Regelungstechnik (IMRT)



Effektiver Wirkungsgrad und NO<sub>x</sub>-Emissionen in Funktion der Motorleistung sowie Messdaten des Basismotors bei Nennleistung. (Grafik: ETHZ)



## Technische Daten des SwissMotors

Motortyp:	Liebherr G 926
Zylinderzahl und -anordnung:	6 / Reihe
Gesamthubraum:	9,96 l
Bohrung / Hub:	122 / 142 mm
Nenn Drehzahl:	1500 U/min
Nennleistung:	200 kW mech.

der ETH Zürich eine spezielle Regelungsstrategie entwickelt. Diese dient zur automatischen Anpassung des Motorbetriebs und des Abgas-Nachbehandlungssystems bei Variation der Motorlast und bei Änderung der Erdgaszusammensetzung. Menag als langjähriger Hersteller von Blockheizkraftwerken (BHKW) und Liebherr Machines SA in Bulle als kreativer Motorenhersteller haben die Technologie für die industrielle Anwendung umgesetzt.

**Messwerte öffnen den Weg zur Umsetzung des innovativen Konzepts**

Menag gestaltete auf diesen Grundlagen ein Kompakt-BHKW; der Prototyp wurde während einer einjährigen Testphase auf dem Firmenprüfstand in Balsthal während über 4800 Stunden gefahren und optimiert. Neben der patentierten Regelung von Verbrennungsprozess und Abgasrückführung (AGR) mussten spezielle, für die höhere thermische Belastung geeignete Zündkerzen entwickelt und Anpassungen beim Gasmischer gemacht werden. Mit einer Absenkung der Ladelufttemperatur durch einen zweiten Kühler konnte eine erhöhte Wärmenutzung erreicht werden.

Der Vergleich zwischen SwissMotor und anderen Gasmotoren sowie einem Dieselmotor gleicher Ausführung zeigt den hohen



Seit Juli 2002 ist ein SwissMotor in einem Wärmeverbundsystem in Münchenstein (BL) im Einsatz: (v.l.n.r.) 3-Wege-Katalysator, Ladeluftkühler, 6-Zylinder-Gasmotor mit 19 kW<sub>el</sub> geregelte Abgasrückführung.

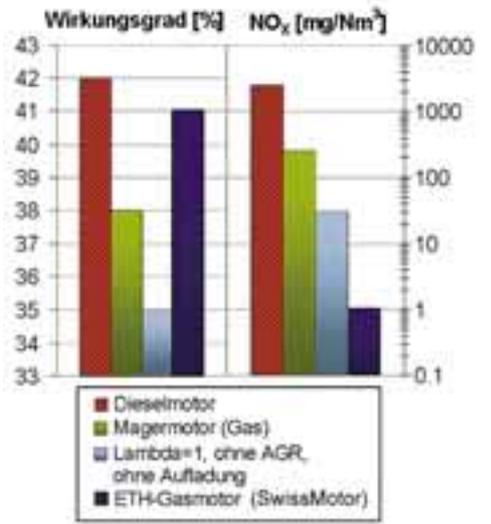
Wirkungsgrad bei gleichzeitig minimalen NO<sub>x</sub>-Emissionen. Bei Messungen der Anlage in Liestal, die aufgrund des ständigen Wärmebedarfs auch im Sommer läuft, lagen die durchschnittlichen Werte von CO bei 25 mg/Nm<sup>3</sup> und von NO<sub>x</sub> bei unter 8 mg/Nm<sup>3</sup> bei 5 % Rest-O<sub>2</sub>. Diese Werte sind für NO<sub>x</sub> deutlich tiefer und für CO gleich niedrig wie diejenigen moderner Gasturbinen. Zusätzliche Untersuchungen des Konzepts haben ergeben, dass sich diese Neuentwicklung auch für den Einsatz von Biogas eignet. Hierbei muss die Aufmerksamkeit auf die Gasreinigung gelegt werden, damit beispielsweise die im Klärgas enthaltenen Silikone nicht zu abrasiven Effekten im Motor führen können.

**Produktentwicklung für einen internationalen Markt**

Die ersten drei SwissMotoren wurden zwischen Oktober 2001 und Juli 2002 in der Nordwestschweiz bei Blockheizkraftwerken installiert und haben bis heute über 7000, 11000 bzw. 6000 Betriebsstunden erreicht. Inzwischen sind weitere vier Ein-

heiten seit wenigen Monaten in Deutschland in Betrieb.

Zurzeit wird die Technologie auf andere Motorentypen übertragen. Im Vordergrund stehen dabei ein V8-Zylinder-Aggregat (Liebherr Typ 9408), das eine Leistung von 330 kW aufweist sowie ein 4-Zylinder-Liebherr-Motor mit 125 kW. Der grössere



Vergleiche von Wirkungsgrad und Stickoxid-Emissionen zwischen SwissMotor, anderen Gasmotoren und einem EURO-3-Dieselmotor. (Grafik: ETHZ)

SwissMotor wurde im April an der Hannover Industriemesse 2003 einem internationalen Publikum präsentiert. Karsten Lorenz: „Am Anfang standen die innovativen Ideen der Schweizer Experten, inzwischen haben wir in partnerschaftlicher Weise ein Gasmotoren-Konzept für eine umweltfreundlichere und effiziente Erzeugung von Strom und Wärme geschaffen. Die Umsetzung in ein marktfähiges Produkt basiert nun auf einem bewährtem Marketing- und Service-Netz, damit der Erfolg auch nachhaltig wirken kann.“



Neuer SwissMotor in 8-Zylinder-Ausführung auf dem Menag-Stand an der Industriemesse in Hannover 2003.

# Auf dem Weg in die Serie

Auf der Suche nach Industriepartnern für ein Elektromofa erst in China fündig geworden

## Pierre Eberli

Projektleiter  
Sytrel  
CH-2013 Colombier

## Martin Pulfer

BFE Bereichsleiter  
Verkehr

Zu Beginn der 90er Jahre unterstützte das Bundesamt für Energie die Entwicklung des Scoot92. Dieses Elektromotor-Fahrrad wurde mit den damals neu auf den Markt gekommenen wartungsfreien Bleibatterien und einer Bremsvorrichtung mit Energierückgewinnung ausgestattet.

### Inspiziert von Vorgängern und Neuentwicklungen

Pierre Eberli, Konstrukteur und Geschäftsführer der Sytrel in Colombier, meint rückblickend: „Der damalige Projektvorschlag, den ich in Bern vorlegte, vereinte verschiedene Erfahrungen und Inspirationen, aber auch meine Begeisterung für den in den 70er Jahren geschaffenen elektrischen Miniscooter Solo Electra.“

Während acht Jahren wurden mit den Prototyp-Fahrrad Scoot92 rund 20'000 km wartungsfrei zurückgelegt. Aufgezeichnete Daten dienten der Optimierung und sodann als Grundlage für die Realisierung eines kommerziellen Mofas. Dieses sollte ein marktgerechtes Preis-Leistungs-Verhältnis aufweisen, also mit möglichst günstigen Komponenten und wirtschaftlicher Produktionsweise realisiert werden.

### Mobilec wird entwickelt

Erneut beteiligte sich das BFE an der technischen Entwicklung des neuen Mofas mit der Bezeichnung Mobilec. Für die Fabrikation einer Kleinserie konnte in der Schweiz, in Italien und Frankreich jedoch kein interessierter Hersteller gefunden werden.

David Richter, Geschäftspartner von Pierre Eberli: „Durch meine Beziehungen zu asiatischen Ländern wurden wir schliesslich in China fündig und konnten eine Organisation gründen – Sytrel International Inc. –, die zusammen mit chinesischen Partnern, welche finanzielle und organisatorische



Verantwortung mittragen, die Produktion von 15 Mobilec-Fahrrädern ausführte.“

### Suche nach Investoren für den Markteintritt

Dank persönlicher Betreuung und der Schaffung von Lehren und Spezialwerkzeugen für die Fertigung der Mobilec können die geforderten Qualitätsstandards und Terminpläne eingehalten werden. Die inzwischen in der Schweiz angekommene Kleinserie dient zum einen der Messung des Energieverbrauchs des speziell gebauten Radnabenmotors durch die Fachhochschule Biel, zum andern sollen mit den Elektromotor-Fahrrädern auch Investoren gefunden werden, um mit den chinesischen Partnern die Serienfertigung eines kostengünstigen Mobilec beginnen zu können.

*Mobilec – die Entwicklung eines Elektromotor-Fahrrads mit dem Ziel, ein optimales Preis-Leistungs-Verhältnis zu erreichen.  
(Foto: Sytrel)*

# Optimieren statt verlieren

Bei den Antrieben von Kehrlichtverwertungsanlagen besteht ein Potenzial für mehr Effizienz

**Gilbert Schnyder  
Daniel Hännly**

Schnyder  
Ingenieure AG  
CH-6331 Hünenberg

**Roland Brüniger**

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

**Felix Frey**

BFE-Bereichsleiter  
Elektrizität

Elektrische Antriebe verbrauchen rund 40 % der elektrischen Energieproduktion. Verschiedene mögliche Massnahmen weisen auf ein erhebliches Sparpotenzial hin, womit eine gesteigerte Effizienz erreichbar ist. Die Optimierung von Antriebssystemen inklusive deren Steuerung und Regelung ist somit anzustreben. Unter diesem Gesichtspunkt hat man auch das Projekt zur Erhöhung der Energieeffizienz in Kehrlichtverwertungsanlagen (KVA) gestartet.

## Praxisbeispiel in Turgi

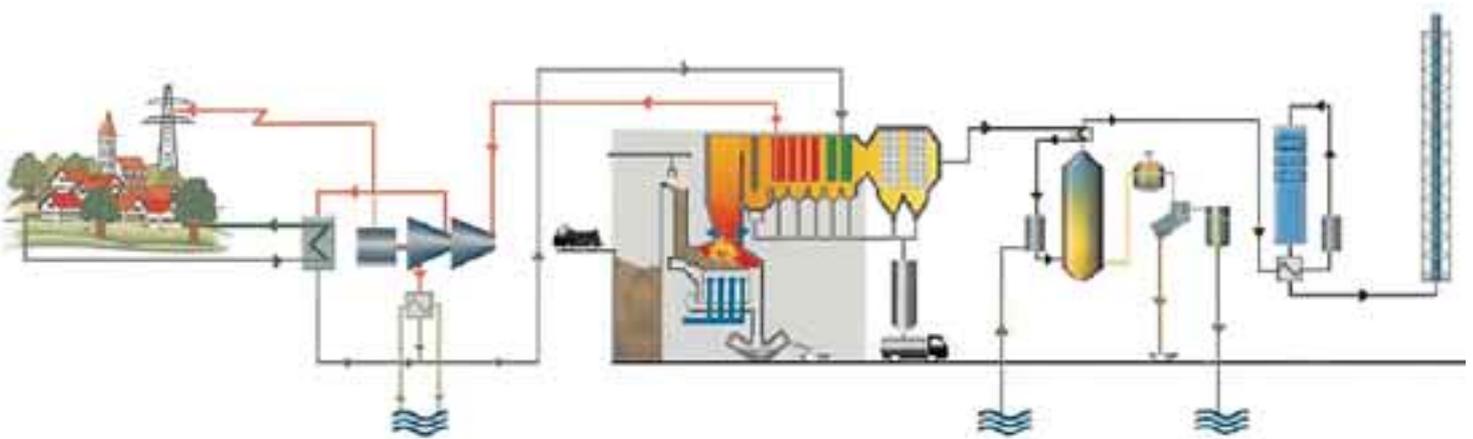
Anhand der KVA Turgi, die jährlich über 30'000 t Abfall von ca. 200'000 Einwohnern entsorgt, wurde die aktuelle Situation untersucht und mit der Erarbeitung von Massnahmenplänen begonnen. Der mit der Ver-

## Hochrechnung für die Schweiz

Geht man von einem Einsparpotenzial durch betriebliche Optimierungsmassnahmen von 10 % aus, so ergibt sich für die Kehrlichtverwertungsanlage Turgi ein Wert von 1,7 GWh. Zurzeit werden die untersuchten Anlagenelemente im Detail analysiert und entsprechende Empfehlungen erarbeitet.

Obwohl bestehende Schweizer Anlagen unterschiedliche Technikstandards aufweisen, darf man annehmen, dass die gewonnenen Erkenntnisse auch auf andere KVA übertragbar sind. Dadurch könnten landesweit rund 60 GWh elektrische Energie (= Jahresdurchschnitt von 15'000 Haushaltungen) eingespart werden.

Jahresbericht:  
Projekt Elektrizitätseffizienz in Kehrlichtverwertungsanlagen,  
D. Hännly,  
G. Schnyder, 2002,  
ENET-Nr. 230027



*Prozessschema der Kehrlichtverwertungsanlage Turgi: Die in den einzelnen Prozessabschnitten eingesetzten Antriebe sind hauptsächlich verantwortlich für den Eigenverbrauch an elektrischer Energie.*

brennungswärme erzeugte Dampf wird mit Turbinen in elektrische Energie umgewandelt. Die Anlage speist zudem Wärme in das lokale Fernwärmenetz. Die Energieproduktion betrug im Jahr 2001 rund 35 GWh<sub>el</sub>, und ca. 85 GWh<sub>th</sub> wurden ins Netz eingespielt. Der Eigenverbrauch an elektrischer Energie erreichte etwa 17 GWh.

Die hauptsächlichsten Verbraucher sind Antriebe im Leistungsbereich von 50–500 kW für die Müllzerkleinerung, Ofenbeschickung, Verbrennung, Dampferzeugung, Kühlung.

## Effizienzsteigerung in der Industrie

Elektrische Antriebe stehen auch in industriellen Betrieben im Mittelpunkt der Optimierungsanstrengungen zur Erreichung einer höheren Effizienz:

Einsparung von elektrischer Energie in einem Sägereibetrieb, I. Wyrsh, M. Dolder, Wyrsh Technologies, 2002, Jahresbericht unter ENET-Nr. 230014

Energieeinsparungen am Fallbeispiel Christoph Burckhardt AG, R. Tanner, Semafor AG, 2002, Jahresbericht unter ENET-Nr. 230028

# Fusion ist startklar

Mit dem Bau eines Experimental-Reaktors soll für die kontrollierte thermonukleare Fusion die Pilotphase beginnen

## Jean-François Conscience

BFE-Programmleiter  
Kernfusion  
c/o BBW  
CH-3003 Bern

## Christophe de Reyff

BFE-Bereichsleiter  
Kernenergie

Bei der Forschung im Bereich der thermonuklearen Fusion konnten in den vergangenen Jahren wichtige Meilensteine erreicht und technologische Durchbrüche erzielt werden. Im Vordergrund steht nun der Bau eines gross dimensionierten Reaktors – ITER (Internationaler Thermonuklearer Experimental-Reaktor) –, mit welchem erstmals Energie in zehnfachem Überschuss produziert werden soll. Das Gemeinschaftsprojekt wird von China, Kanada, Japan, Russland, den Vereinigten Staaten und der Europäischen Union (mit der Schweiz als Partner) unterstützt. Als mögliche Standorte für den ITER sind zwei im EU-Raum (Cadarache, Frankreich und Vandellòs, Spanien) sowie Clarington, Kanada und Rokkashomura, Japan, vorgeschlagen. Der Entscheid wird bis Ende 2004 erfolgen, Baubeginn wäre demzufolge 2005 oder 2006.

## Wesentliche Forschungsbeiträge von Schweizer Instituten

Die technischen Grundlagen stehen heute bereit; Konzepte und Technologien sind in wissenschaftlichen Arbeiten entwickelt worden. Einen wesentlichen Beitrag hat dabei das Forschungszentrum für Plasmaphysik der EPFL mit der Grossanlage TCV (Tokamak à Configuration Variable) in Lausanne sowie seiner Supraleiter- und seiner Material-Gruppe am Paul Scherrer Institut (PSI) in Villigen geleistet. Auch das Physik-Departement der Universität Basel hat entscheidende Erfahrungen in der Photoelektronenspektroskopie eingebracht, welche vor allem für die Untersuchung von plasmabedingten Oberflächenveränderungen an der inneren Wand des Fusionsreaktors eingesetzt wird.

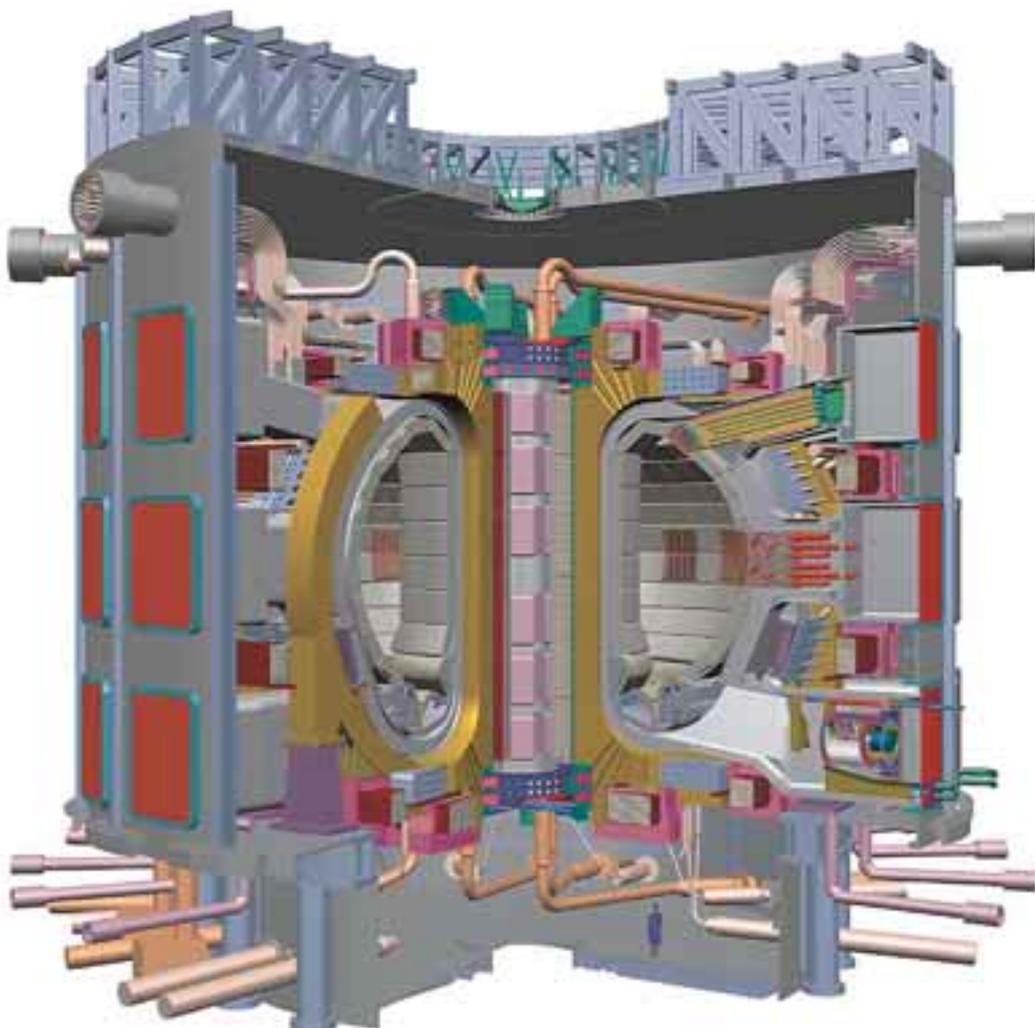
*ITER – der Internationale Thermonukleare Experimental-Reaktor – stellt eine flexibel nutzbare Anlage dar, mit welcher die Fusion unter realen Bedingungen geprüft werden soll.*

### Internet-Links

Bundesamt für Bildung und Wissenschaft:  
Informationen zur Fusionsforschung  
[www.bbw.admin.ch](http://www.bbw.admin.ch)

ITER: der geplante Fusionsreaktor im Überblick  
[www.iter.org](http://www.iter.org)

Fusionsforschung in der Schweiz:  
EPFL-Forschungszentrum für Plasmaphysik  
<http://crppwww.epfl.ch>  
Universität Basel  
[www.unibas.ch/phys-esca](http://www.unibas.ch/phys-esca)



## Sonne auf die Erde gebracht

Fusion ist das Prinzip der Energieerzeugung von Sonne und Sternen. Kerne leichter Elemente verschmelzen miteinander und geben dabei Energie ab. Dazu braucht es jedoch extrem hohe Temperaturen. Auf der Erde erreicht man die Fusion von Deuterium und Tritium (Isotope von Wasserstoff) mit einem Plasma, das mit einem starken Magnetfeld in der Schwebe gehalten wird. Die dafür notwendige Technik hat man in den vergangenen 50 Jahren schrittweise entwickeln können.

Die Grundlagen für den Bau einer Experimentalanlage sind geschaffen; Sicherheitsaspekte konnten ebenfalls eingehend untersucht werden. Da die Energiegewinnung aus Kernfusion nicht auf einer Kettenreaktion beruht, sind auch bei Unfällen keine grossen Gefahren für Mensch und Umwelt zu erwarten und das, obwohl ein Fusionsreaktor eine erhebliche Menge an Tritium enthält, das zusammen mit Deuterium den eigentlichen Fusionsbrennstoff ausmacht. Die Fusionsreaktionen produzieren keine radioaktiven oder giftigen Substanzen, wie es bei der Kernspaltung geschieht. Radioaktive Substanzen entstehen trotzdem, wegen der Bestrahlung der inneren Reaktorwände durch die freigesetzten Neutronen. Alle diese Substanzen sind aber kurzlebig und stellen kein langfristiges Lagerungsproblem dar. Die Tatsache, dass sowohl Lithium – aus welchem Tritium durch Neutronenbestrahlung im Reaktor selbst entsteht – als auch Deuterium in grossen Mengen in der Natur zur Verfügung stehen, begünstigt einerseits die Versorgung und andererseits das Erreichen der Wirtschaftlichkeit dieser Technologie.

### Terminplan für den Bau eines Fusionskraftwerks

Die Fusion muss nun – nachdem man jahrelang im Labor arbeitete – zunächst unter realen Bedingungen geprüft werden. Mit dem Bau des ITER kann eine flexibel nutzbare Anlage geschaffen werden, die nach

rund zehn Jahren Aufbauzeit für weitere 10 bis 20 Jahre im Einsatz stehen wird. Dieser Zeitplan sieht vor, dass um die Mitte dieses Jahrhunderts ein erstes kommerzielles Fusions-Kraftwerk in Betrieb gehen könnte.

Die Fusion als geeignete Form zur Erzeugung von Bandenergie erscheint als attraktive langfristige Option. Bereits seit fast 50 Jahren fördert die Europäische Union durch das EURATOM-Programm die Fusionsforschung. Im Rahmen des 6. Forschungsrahmenprogramms der EU (2002 – 2006) werden neben der Realisierung des neuen Fusionsreaktors weiterhin das europäische JET-Projekt (Joint European Torus) sowie Materialien und alternative Magnetfelderkonzepte untersucht. Das FP6-Budget umfasst für EURATOM 940 Mio. Euro, wovon 750 Mio. Euro für die kontrollierte Kernfusion reserviert sind, u.a. für Planung und Bau des ITER.

### Stellung der Fusionsforschung in der Energieforschung des Bundes

In ihrem Konzept der Energieforschung des Bundes 2004 bis 2007 anerkennt die CORE die hohe Qualität der Fusionsforschung in der Schweiz. Sie setzt sich darum für eine Fortsetzung der internationalen Zusammenarbeit auf diesem Gebiet ein und befürwortet eine Teilnahme am ITER-Projekt. Da sie aber ihre finanziellen Empfehlungen innerhalb einem nach oben beschränkten Gesamtbudget erteilen muss, schlägt sie vor, die Mittel für die Fusion zu Gunsten von Energiequellen mit rascherem Entwicklungspotenzial bis 2007 leicht zu reduzieren, was allerdings für die ITER-begleitenden Forschungsaktivitäten in der Schweiz ernsthafte Schwierigkeiten bringen würde.

Da die Schweizer Fusionsforschung in erster Linie über das EURATOM-Fusionsprogramm international eingebettet ist, wird sie administrativ vom Bundesamt für Bildung und Wissenschaft (BBW) betreut. Deshalb fungiert ein Mitarbeiter des BBW als Programmleiter für die Kernfusion in den BFE-Bereichen der Energieforschung.

## CRPP-Forschungszentrum an der ETH Lausanne

TCV (Tokamak à configuration variable) heisst die Forschungsanlage für Experimente im Bereich der Plasmaphysik, die vom Zentrum für Plasmaphysik (CRPP) an der ETH Lausanne durchgeführt werden. Neben Lehre und Grundlagenforschung spielt hier auch der Technologietransfer im Gebiet der Materialwissenschaften eine wichtige Rolle.



TCV ist die grösste experimentelle Anlage an der ETH Lausanne.  
(Fotos: CRPP, EPFL)

Der Betrieb des TCV wurde bereits im Jahre 1992 aufgenommen. Inzwischen konnte man Plasmaströme von mehr als 1 Mio. Ampères erreichen. Einer der wichtigsten Parameter ist die Form des Plasmaquerschnitts, die im TCV den Erfordernissen entsprechend verändert werden kann.

Das CRPP ist ein Kompetenzzentrum sowohl für Plasmaphysik und Fusionstechnologie als auch für Höchstfrequenzquellen sehr hoher Leistung, den sog. Gyrotrons. Und als Partner im europäischen Fusionsprogramm beteiligt man sich an Experimenten des JET-Projekts. Somit konnte das CRPP auch an der Konzeption und Planung des ITER partizipieren, der als nächster Schritt auf dem Weg von den heutigen Versuchsanlagen zu einem industriellen Demonstrationsreaktor vorgesehen ist.

# Analysieren für neue Grundlagen

Erkenntnisse über den Lebenszyklus von Solargebäuden dienen einer ökologischen Optimierung

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

**Andreas Eckmanns**  
BFE-Bereichsleiter  
Gebäude

Durch die ökologische Optimierung von Solargebäuden über deren Lebenszyklus wird ein nachhaltiger Beitrag zur Verminderung des Energieverbrauchs und zur Schonung von Ressourcen geleistet. Das vom Bundesamt für Energie BFE unterstützte Projekt zur Analyse von Passivhaus-Gebäuden in der Schweiz hat in einem ersten Schritt nach einer Checkliste die ökologischen Aspekte, wie Energiebedarf, Materialien, Wasser- und Landverbrauch sowie Abfälle gemessen. Daneben sind auch die Wirtschaftlichkeit sowie die lokale Einbettung am Ort und in Verbindung mit der öffentlichen Infrastruktur betrachtet worden.

Ausgewählt wurden fünf Solargebäude im Passivhaus-Standard mit unterschiedlicher Grösse:

- Renggli-Haus, Nebikon (LU)
- Wechsel, Stans (NW)
- Rychenbergstrasse, Winterthur (ZH)
- Sunny Woods, Höngg (ZH)
- Haus Uetz, Oberseen (ZH)

## Internationale Zusammenarbeit

Die kurz vor Abschluss stehende Studie der Basler & Hofmann AG in Zürich hat zum

Ziel, die gewonnenen Erkenntnisse in die entsprechenden Planungsgrundlagen einfließen zu lassen und gleichzeitig auch im internationalen Vergleich Erfahrungen auszutauschen. Dies erfolgt im Rahmen des IEA-Programms Solar Heating and Cooling; unter Schweizer Leitung nehmen inzwischen 15 Länder mit Forschungs- und Industriepartnern an diesem Projekt teil.

## Gebäude im Fokus

An der Hausbau- und Minergie-Messe, die vom 27. – 30. November 2003 in der BEA bern expo in Bern stattfinden wird, lanciert das Bundesamt für Energie die Gebäudekampagne 2004/05. „Das Haus – ein System“ drückt als Motto die Erkenntnis aus, dass nur durch gezielte, systematische Massnahmen der Energieverbrauch in Gebäuden gesenkt werden kann.

[www.hausbaumesse.ch](http://www.hausbaumesse.ch)  
[www.minergie.ch](http://www.minergie.ch)  
[www.energie-schweiz.ch](http://www.energie-schweiz.ch)



Zwei wesentliche Fragen, die geklärt werden sollen, betreffen die Situation bei der Einführung strenger werdender Energiereduktionsziele: Wie tief darf das Ziel gesteckt sein, damit bei möglichst geringem Energieverbrauch eine möglichst grosse Verbreitung der eingesetzten Technik erreicht werden kann? Und welche Massnahmen führen unter Berücksichtigung von Aufwand, Ökologie und Markt zum Ziel?

## Übliche Erfahrungswerte reichen nicht

Die fünf ausgewählten Gebäude in der Schweiz wurden mit der Software OGIP berechnet und stehen nun als Referenz- und Vergleichsobjekte zur Verfügung. Besondere Aufmerksamkeit wurde den Systemgrenzen gewidmet, da bei derartigen Solargebäuden die üblichen Erfahrungswerte für Planung und Auslegung des Gebäudes nicht mehr genügen.

Informationen:

- Ökologische Optimierung von Solargebäuden über deren Lebenszyklus; A. Lalive d'Epinay, Ch. Filleux, P. Fotsch; Basler & Hofmann AG, CH-8029 Zürich, ENET-Nr. 210291
- Nachhaltige Solar-Wohnbauten, IEA Solar Task 28, Robert Hastings, AEU GmbH, CH-8304 Wallisellen

## CISBAT 2003

Die Fachtagung CISBAT 2003 in Lausanne wird diesmal gemeinschaftlich organisiert vom Labor für Solarenergie und Bauphysik (LESO-PB) der ETH Lausanne, der Schweiz. Zentralstelle für Fenster und Fassadenbau (SZFF) und einer von Harvard Universität und MIT (Massachusetts Institute of Technology) betreuten Organisation für die Gebäudehülle.

8. Oktober 2003: Wissenschaftstag  
9. Oktober 2003: SZFF-Industrietag

Weitere Informationen und Anmeldung:

<http://leso.epfl.ch>  
[www.szff.ch](http://www.szff.ch)

## Energieforschung allgemein

**Liste des projets 2000/2001: Recherche, développement et démonstration dans le domaine de l'énergie en Suisse;** OFEN; 11.2002; FR; 75 p.; F&E; Sfr. -; Nr. 220245

**Liste der Projekte 2000/2001: Forschung, Entwicklung und Demonstration im Bereich der Energie in der Schweiz;** BFE; 11.2002; DE; 75 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 220244

## Abwärmennutzung

**Promotion de l'utilisation rationnelle de l'énergie dans l'industrie par PINCHLENI;** Rapport final; Marechal F., Favrat D., Kruppenacher P., Molyneux A., Boulaich A., Godat J.; EPFL-DME-LENI; 11.2002; FR; 57 p.; F&E; Sfr. 45.00; Nr. 220229

## Solarchemie

**Solar Power and Chemical Energy Systems: SolarPaces IEA;** Annual Report 2001; Geyer M.; Paul Scherrer Institut (PSI); 04.2001; EN; 184 p.; F&E; Sfr. 81.00; Nr. 210372

## Biomasse (Holz)

**Biomasse Aktivitäten und Projekte 2002;** Überblicksbericht und Jahresbericht 2002 der Programmleiter; Binggeli D., Rügsegger M. et al; 03.2003; DE, EN, FR; 206 S.; F&E; Sfr. 30.00; Nr. 230053

**Auslegung und Optimierung von Holz-Speicheröfen für Einzelraum- und Ganzhausheizungen;** Jahresbericht; Gaegauf Ch., Huber H., Chiquet C.; Oekozentrum Langenbruck; 12.2002; DE; 6 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 220309

**International Energy Agency (IEA) Bioenergy Task 33: Thermal Gasification;** Jahresbericht; Bühler R.; Umwelt + Energie; 12.2002; DE; 9 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 220314

**Systemoptimierung automatischer Holzfeuerungen, Phase 2;** Jahresbericht; Good J.; Ing. Büro Verenum; 12.2002; DE; 7 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 220308

**International Energy Agency (IEA) BioenergyTask 32: Biomass Combustion and Cofiring;** Jahresbericht; Nussbaumer Th.; Ing. Büro Verenum; 12.2002; DE; 10 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 220316

**Reduktion der NO<sub>x</sub>- und Staub-Emissionen bei kleinen Verbrennungsanlagen;** Jahresbericht; Salerno B., Schlottmann D.; Salerno Engeler GmbH; 12.2002; DE; 4 S.; P&D; Sfr. -; Nr. 220317

**Grundlagen der Aerosolbildung bei Holzfeuerungen;** Jahresbericht; Oser M., Nussbaumer Th.; Ing. Büro Verenum; 12.2002; DE; 9 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 220313

**Erstellen und Betreiben einer Kondensationsanlage an der Holzfeuerung des neuen WVS;** Jahresbericht; Bertozzi L., Baumgartner H.; Gemeinde Schwanden; 12.2002; DE; 4 S.; P&D; Sfr. -; Nr. 220311

**Herstellung und Eigenschaften von Holzpellets als Brennstoff;** Jahresbericht; Nussbaumer Th.; Ing. Büro Verenum; 12.2002; DE; 6 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 220312

**Aufbau einer akkreditierten Prüfstelle für Holzfeuerungen;** Jahresbericht; von Böckh P., Gaegauf Ch.; Fachhochschule beider Basel; 12.2002; DE; 4 S.; P&D; Sfr. -; Nr. 220310

## Biomasse (ohne Holz)

**Biomasse Aktivitäten und Projekte 2002;** Überblicksbericht zum Forschungsprogramm 2002; Jahresbericht; Binggeli D., Guggisberg B.; 03.2003; DE; 14 S.; F&E; Sfr. 18.00; Nr. 230041

**Schweizerische Statistik erneuerbarer Energien Teilstatistik Biogas – Erfassung Biogasdaten aus kommunalen ARA;** Schlussbericht; Buri R., Kobel B.; Ryser Ingenieure AG; 01.2003; DE; 29 S.; P&D; Sfr. 18.00; Nr. 230045

**Vergärung von Pulpa aus der Kaffee-Produktion;** Jahresbericht; Hofmann M., Baier U.; Hochschule Wädenswil; 12.2002; DE; 7 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 220320

**Schweizerische Statistik erneuerbarer Energieträger;** Teilstatistik Biogas 2001; Engeli H.; Engeli Engineering; 02.2003; DE; 20 S.; P&D; Sfr. 18.00; Nr. 230042

**Vergärung von Pulpa aus der Kaffee-Produktion;** Schlussbericht; Baier U., Hofmann M.; Hochschule Wädenswil; 05.2003; DE; 33 S.; F&E; Sfr. 25.00; Nr. 230057

**Messkampagne für eine solare Klärschlamm-trocknungsanlage in Bilten GL;** Jahresbericht; Fischli O.; Glarner Energieberatungsstelle; 01.2003; DE; 4 S.; P&D; Sfr. -; Nr. 230043

**Biogas vom Bauer wird zum Treibstoff von morgen;** Schlussbericht; Brücker U., Limacher R., Kruppenacher St., Schmid J.; ITZ Innovations Transfer Zentrum; 03.2003; DE; 45 S.; F&E; Sfr. 25.00; Nr. 230051

**Kompakt-Biogasanlage 5+7 Zusammenfassung und Betriebsauswertung der Anlagen: J. Kilchmann und M. Eugster;** Jahresbericht; Böhni Th., Ruch D.; Eugster Meinrad; 10.2002; DE; 8 S.; P&D; Sfr. -; Nr. 220328

**Machbarkeitsstudie Biogasanlage im Tessin;** Schlussbericht; Econs SA; Azienda Elettrica Ticinese; 02.2003; IT; 42 p.; F&E; Sfr. 25.00; Nr. 230044

**Systemvergleich Trolley-, Diesel- und (Bio-)Gasbus;** Jahresbericht; Ernst Basler + Partner AG; Winterthurer Verkehrsbetriebe; 12.2002; DE; 6 S.; P&D; Sfr. -; Nr. 220327

**Vorstudie „Biogas vom Bauer wird zum Treibstoff von morgen“;** Jahresbericht; Brücker U., Limacher R.; ITZ Innovations Transfer Zentrum; 12.2002; DE; 10 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 220326

**Biogas Verwertung aus der Lagergrube Anlage Wartmann Bissegg;** Jahresbericht; Wartmann O., Engeli H.; 12.2002; DE; 4 S.; P&D; Sfr. -; Nr. 220325

**Vergleich Energieumwandlungsverfahren für Gülle (ENKON);** Jahresbericht; Hersener J.-L., Meier U.; 12.2002; DE; 5 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 220324

**Bioenergie, Protein & Fasern aus Gras – Monitoring des Biogasprozesses;** Jahresbericht; Baier U., Delavy P.; Bioenergie Schaffhausen AG; 12.2002; DE; 5 S.; P&D; Sfr. -; Nr. 220319

**Ökobilanz Klärgasverstromung Zertifizierung als Ökostrom (naturemade star);** Jahresbericht; Müller E. A., Schmid F., Kobel B., Kernen M.; 12.2002; DE; 6 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 220323

**Bioenergie, Protein & Fasern aus Gras – Monitoring des Biogasprozesses;** Schlussbericht; Baier U., Delavy P.; Bioenergie Schaffhausen AG; 03.2003; DE; 49 S.; P&D; Sfr. 25.00; Nr. 230052

**Bau und Betrieb einer Perkolationsanlage im Pilotmassstab zur Aufbereitung von Bioabfällen;** Jahresbericht; Widmer Ch., Wellinger A., Schober G.; AFAG-Engineering GmbH; 12.2002; DE; 7 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 220322

**Bioenergie Schaffhausen: Biogas, Protein und Fasern aus Gras; P&D-Anlage in Schaffhausen;** Jahresbericht; Widmer F., Müller P. H.; Bioenergie Schaffhausen AG; 12.2002; DE; 8 S.; P&D; Sfr. -; Nr. 220318

**Kennwertmodell für die Stromproduktion aus landwirtschaftlichem Biogas;** Jahresbericht; Jungbluth N.; ESU-services; 12.2002; DE; 6 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 220321

**Bioenergie Schaffhausen: Biogas, Protein und Fasern aus Gras;** Schlussbericht; Widmer F., Müller P. H.; Bioenergie Schaffhausen AG; 12.2002; DE; 13 S.; P&D; Sfr. 18.00; Nr. 220268

**Ökobilanz Klärgasverstromung;** Schlussbericht; Ronchetti C., Bienz P., Pridal R.; Müller E. A.; 11.2002; DE; 33 S.; F&E; Sfr. 25.00; Nr. 220258

**Bilan énergétique de la fromagerie et avant-projet d'installaton de biogaz; Richard Bettex – 1487 Champtauraz (VD);** Rapport final; Membrez Y., Wellinger A., Bonjour B.; EREP SA; 02.2002; FR; 50 p.; P&D; Sfr. 25.00; Nr. 220261

**Molke-Biogasanlage mit Blockheizkraftwerk für die Molkerei Lataria Engiadinaisa SA, Bever;** Schlussbericht; Klokhe O., Nusbaumer H.; KohleNusbaumer; 03.2003; DE; 18 S.; P&D; Sfr. 18.00; Nr. 230056

**Bilan énergétique et avant-projet d'installation de biogaz pour la fromagerie Bettex – 1487 Champtauraz;** Rapport annuel; Membrez Y.; EREP SA; 12.2001; FR; 4 p.; P&D; Sfr. -; Nr. 210255

## Elektrizität

**Elektrizitätseffizienz in Kehrlichtverwertungsanlagen;** Jahresbericht; Hännly D., Schnyder G.; Schnyder Ingenieure AG; 01.2003; DE; 4 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 230027

**Wechselstromkorrosion an Pipelines; Beeinflussung durch elektrische Energieübertragungsleitungen;** Jahresbericht; Stalder F., Büchler M., Bränlich R.; Schweiz. Gesellschaft für Korrosionsschutz (SGK); 01.2003; DE; 2 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 230021

**Standby-Verbrauch von Haushaltgeräten;** Jahresbericht; Nipkow J., Bush E.; S.A.F.E. Schweizerische Agentur; 01.2003; DE; 7 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 230026

**Zunahme der dezentralen Energieerzeugungsanlagen in Verteilnetzen;** Jahresbericht; Schnyder G., Fritz O., Höckel M., Mauchle P., Häderli Ch.; Schnyder Ingenieure AG; 01.2003; DE; 8 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 230020

**Energieeffizienzpotenzial bei Heissgetränkeautomaten in der Betriebsverpflegung;** Jahresbericht; Huser A.; Encontrol GmbH; 01.2003; DE; 4 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 230025

**IEA-Implementing Agreement „Assessing the Impact of High Temp. Superconductivity on the Electric Power Sector“ (EXCO Member);** Jahresbericht; Flükiger R.; Université de Genève; 01.2003; DE; 5 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 230019

**Merkblatt zur optimalen Energienutzung bei Kaltgetränke- und gekühlten Warenautomaten;** Jahresbericht; Huser A.; Encontrol GmbH; 01.2003; DE; 2 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 230024

**Betreuung des Kompetenzzentrums Energie und Informationstechnik;** Jahresbericht; Aebischer B.; ETH Institut für Elektrische Informationstechnik; 01.2003; DE; 6 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 230018

**Energieeffizienzpotenzial bei Wasser-Dispensern;** Jahresbericht; Grieder Th.; Encontrol GmbH; 01.2003; DE; 4 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 230023

**Hocheffiziente getriebelose Antriebe;** Jahresbericht; Niederer R.; Technocon Engineering & Consulting; 01.2003; DE; 10 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 230022

**RES2H2: Cluster Pilot Project for the integration of RES into European Energy Sectors using Hydrogen;** Jahresbericht; Stoev A.; Integral Drive Systems AG; 02.2003; EN; 1 p.; F&E; Sfr. -; Nr. 230017

**OPAL Erweiterung mit Lüfter- und Pumpensystemen;** Jahresbericht; Tanner R.; Semafor, Informatik & Energie; 01.2003; DE; 9 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 230015

**Einsparung von elektrischer Energie in einem Sägereibetrieb;** Jahresbericht; Wyrsch I., Dolder B. M.; Wyrsch Technologies; 01.2003; DE; 2 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 230014

**Schweizer Teilnahme im SAVE-Programm: Pilot Actions „Motor Challenge“ Programme;** Jahresbericht; Nipkow J., Gloor R., Tanner R.; diverse Auftragnehmer; 01.2003; DE; 7 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 230012

**Energieeffizientes Servermanagement;** Jahresbericht; Sauter B.; Integral Drive Systems AG; 01.2003; DE; 3 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 230011

**Industrievereinbarung Energieeffizienz von Motoren (eff1, eff2, eff3);** Jahresbericht; Schnyder G.; Schnyder Ingenieure AG; 01.2003; DE; 4 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 230010

**Energieeffizienz von USV-Anlagen;** Jahresbericht; Mauchle P., Schnyder G.; Schnyder Ingenieure AG; 01.2003; DE; 5 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 230007

**Auswirkungen von periodischem Ein- und Ausschalten auf die Server-Hardware-Zuverlässigkeit;** Jahresbericht; Held M.; EMPA; 01.2003; DE; 3 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 230006

**Marktpotenzial von supraleitenden Strombegrenzern;** Jahresbericht; Lakner M., Braun D.; ABB Consulting AG; 01.2003; DE; 7 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 230005

**Démonstrateur pour réseau avec transport d'énergie en courant continu (TECC);** Rapport annuel; Yechouroun C.; EIVD Yverdon; 12.2002; FR; 3 p.; F&E; Sfr. -; Nr. 220251

## EWG (Energiewirtschaftliche Grundlagen)

**Forschungsprogramm Energiewirtschaftliche Grundlagen (EWG);** Überblicksbericht zum Forschungsprogramm 1999; Meier R.; 01.2000; DE; 8 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 200362

**Forschungsprogramm Energiewirtschaftliche Grundlagen (EWG);** Überblicksbericht und Jahresbericht 2000 der Beauftragten; Meier R.; 12.2000; DE; 10 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 200356

**Energiewirtschaftliche Grundlagen EWG Aktivitäten und Projekte 2002;** Jahresbericht; Meier R., Previdoli P.; 01.2003; DE; 14 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 230032

**Réseaux de distribution versus production distribuée;** Rapport Annuel; Lachal B., Matas Ch., Mermoud A., Romero F.; Université de Genève; 12.2002; FR; 4 p.; F&E; Sfr. -; Nr. 220291

**Zukünftige Marktbedeutung von Klein-WKK-Anlagen (1–1'000 kW<sub>e</sub>);** Jahresbericht; Rigassi R., Eicher Hp.; 12.2002; DE; 5 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 220290

**Förderung von Energieeffizienz in Unternehmen; Förderinstrumente mit oder ohne Bezug auf Umweltmanagementsysteme;** Jahresbericht; Beltrani G., Schelske O., Peter D., Oettli B.; Ernst Basler + Partner AG; 12.2002; DE; 9 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 220289

**Indikatoren zu ausgewählten kantonalen Energiemassnahmen;** Jahresbericht; Frauenfelder S.; 12.2002; DE; 4 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 220276

**Direkte und indirekte Zusatznutzen bei energieeffizienten Wohnbauten;** Jahresbericht; Ott W., Baur M., Jakob M.; Econcept AG; 12.2002; DE; 4 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 220288

**Marginale Zahlungsbereitschaft für eine erhöhte Internalisierung des Risikos von Kernkraftwerken; Jahresbericht;** Zweifel P., Schneider Yves; Sozialökonomisches Institut; 12.2002; DE; 4 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 220287

**Wohnbauförderung und Energieeffizienz;** Jahresbericht; Marti P., Arnet E., Sidler I., Huber A.; Metron AG; 12.2002; DE; 4 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 220286

**Windenergie und Schweizerischer Wasserkraftpark;** Jahresbericht; Ott W., Zimmer Ch., Schmöllner H.; Consentec Consulting; 12.2002; DE; 3 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 220285

**CO<sub>2</sub>-Reduktion durch Beeinflussung der Treibstoffpreise;** Jahresbericht; Keller M., Grütter J.M., Ott W., Zbinden R., de Haan P.; Infrac AG; 12.2002; DE; 10 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 220284

**Technologie-Monitoring;** Jahresbericht; Rigassi R., Eicher Hp., Ott W.; Dr. Eicher + Pauli AG; 12.2002; DE; 5 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 220283

**Energieeffizienz und erneuerbare Energien – Pilotstudie Surselva;** Jahresbericht; Trachsel H., Iten R., Kessler St.; 12.2002; DE; 3 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 220282

**Evaluation des Stromspar-Fonds Basel;** Jahresbericht; Iten R., Vettori A., Schmidt N., Vaterlaus St., Wild J.; Infrac AG; 12.2002; DE; 4 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 220281

**Optimierung Energievollzug und Anwendung der SIA Normen Gebäude;** Jahresbericht; Dettli R., Baur M., Renaud P.; Econcept AG; 12.2002; DE; 5 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 220280

**Planungs- und Bauinstrumente;** Rapport Annuel; Planair SA; 12.2002; FR; 4 p.; F&E; Sfr. -; Nr. 220279

**Neubauen statt Sanieren;** Jahresbericht; Ott W., Binz A., Moosmann A., Seiler B.; Econcept AG; 12.2002; DE; 12 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 220278

**Marketing- und PR-Strategie Minergie- und Passivhaus;** Jahresbericht; Frauenfelder S.; 12.2002; DE; 3 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 220277

**Neubauen und Renovieren von Hotels im Minergiestandard;** Jahresbericht; Kuster J., Plaz P.; BHP Hanser und Partner AG; 12.2002; DE; 6 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 220275

**Grenzkosten bei forcierten Energie-Effizienzmassnahmen;** Jahresbericht; Jakob M., Jochem E., Christen K.; Paul Scherrer Institut (PSI); 12.2002; DE; 16 S.; F&E; Sfr. 18.00; Nr. 220274

**Versorgung mit fossilen Treib- und Brennstoffen;** Jahresbericht; Kägi W., Staehelin-Witt E., Schäfli M., Eichenberger U.; B,S,S. Blöchliger, Staehelin; 12.2002; DE; 4 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 220273

**Energieanalyse FutureLife-Haus;** Schlussbericht; Huser A., Aebischer B.; Encontrol GmbH; 12.2002; DE; 58 S.; F&E; Sfr. 35.00; Nr. 220247

**Energieeffizienz von Computer-Netzgeräten;** Schlussbericht; Aebischer B., Huser A.; CEPE ETH-Zentrum, WEC; 11.2002; DE; 125 S.; F&E; Sfr. 63.00; Nr. 220242

**Energiesparmotor;** Schlussbericht; Lindegger M.; Circle Motor AG; 10.2002; DE; 28 S.; F&E; Sfr. 18.00; Nr. 220240

**Energieeinsparungen am Fallbeispiel Christoph Burckhardt AG;** Jahresbericht; Tanner R.; Semafor, Informatik & Energie; 01.2003; DE; 2 S.; P&D; Sfr. -; Nr. 230028

**Elektrische Heizbänder, Merkblatt für den effizienten Einsatz;** Jahresbericht; Nipkow J.; Arena AG Energie-Alternativen; 01.2003; DE; 3 S.; P&D; Sfr. -; Nr. 230016

**GreenLight NCP: Aufbau eines National Contact Point (NCP) in der Schweiz;** Jahresbericht; Schneider P.; S.A.F.E. Schweizerische Agentur; 01.2003; DE; 3 S.; P&D; Sfr. -; Nr. 230013

**Energieverbrauch von Prozesssteuerungen;** Jahresbericht; Bush E., Schalcher M., Battaglia U.; Bush Energie GmbH; 01.2003; DE; 11 S.; P&D; Sfr. -; Nr. 230009

**Ausschreibungsunterlagen im Server, PC- und Netzwerk-Bereich;** Jahresbericht; Grieder Th., Huser A.; Encontrol GmbH; 01.2003; DE; 3 S.; P&D; Sfr. -; Nr. 230008

**Wärmepumpentumbler für Mehrfamilienhäuser;** Schlussbericht; Schwarzwald E.; Thermodul Consulting; 10.2002; DE; 23 S.; P&D; Sfr. 18.00; Nr. 220239

**Erhebung des Erneuerungsverhaltens bei Wohngebäuden;** Jahresbericht; Jakob M.; CEPE ETH-Zentrum, WEC; 12.2002; DE; 7 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 220272

**Vision 2050: Nachhaltige Energieversorgung und -nutzung;** Jahresbericht; Berg M., Brodmann U., Ott Walter; Econcept AG; 12.2002; DE; 5 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 220271

**Dezentrale Stromversorgung – Optimierungschancen;** Jahresbericht; Sommer H., Eicher Hp., Osterwald S., Rigassi R.; Université de Genève; 12.2002; DE; 6 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 220270

**Conception d'une procédure d'aide à la décision en matière de politique énergétique basée sur des critères et des indicateurs de développement durable;** Rapport annuel; Carlevaro F., Garbely M., Genoud St.; Centre universitaire d'étude; 12.2002; FR; 4 p.; F&E; Sfr. -; Nr. 220269

**Cluster Energie: Chancen und Möglichkeiten;** Jahresbericht; Suter St., Osterwald St., Ohler F., Jörg L., Müller A.; 12.2002; DE; 5 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 220265

**Energieeffiziente Fenster in der Schweiz: Status Quo und Förderungsmöglichkeiten;** Jahresbericht; Lehner F., Bergant M.; InterConnection Consulting Group; 12.2002; DE; 2 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 220263

**Marktchancen und Markthindernisse der thermischen Solarenergie;** Jahresbericht; Gerheuser F. W.; Büro für Politikberatung; 12.2002; DE; 6 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 220262

**Energieverbrauch im Schienenverkehr;** Bericht über die Kurzstudie; Brunner C. U.; 01.2001; DE; 18 S.; F&E; Sfr. 18.00; Nr. 210371

**Grundsätze für Netzbenutzungspreise;** Schlussbericht; Iten R., Ott W., Wild J.; 09.2001; DE; 56 S.; F&E; Sfr. 35.00; Nr. 210370

**Arbeitsbericht zum Projekt Benchmarking-Pilot;** Arbeitsbericht; BFE; 06.2001; DE; 76 S.; F&E; Sfr. 35.00; Nr. 210369

**Rapport sur le projet pilote de benchmarking;** Rapport; OFEN; 06.2001; FR; 23 p.; F&E; Sfr. 18.00; Nr. 210368

**Bericht über das Benchmarking-Pilotprojekt;** Bericht; BFE; 06.2001; DE; 23 S.; F&E; Sfr. 18.00; Nr. 210367

**Wirtschaftliche Auswirkungen der Volksinitiativen „Strom ohne Atom“ und „MoratoriumPlus“;** Analyse mit einem Gleichgewichtsmodell; Müller A., Wickart M., Van Nieuwkoop R.; Ecoplan; 02.2001; DE; 158 S.; F&E; Sfr. 19.00; Nr. 210359

**Perspektiven für die Wasserkraftwerke in der Schweiz; Langfristige Wettbewerbsfähigkeit und mögliche Verbesserungspotenziale;** Bericht; Filippini M., Banfi S., Luchsinger C., Wild J.; 12.2001; DE; 199 S.; F&E; Sfr. 22.85; Nr. 210268

**Perspektiven für die Wasserkraftwerke in der Schweiz; Die Chancen des Ökostrommarktes;** Bericht; Spreng D., Truffer B., Wüstenhagen R.; CEPE ETH-Zentrum, WEC; 12.2001; DE; 75 S.; F&E; Sfr. 9.30; Nr. 210267

**Technologievermittlung im Energiebereich (TEVE) Kanton Bern;** Schlussbericht; Binder H.-M., Schaller R., Balthasar A.; Interface; 08.2001; DE; 92 S.; F&E; Sfr. 12.80; Nr. 210130

**Regulierung der Verteilnetzpreise zu Beginn der Marktöffnung; Erfahrung in Norwegen und Schweden;** Bericht; Filippini M., Wild J., Luchsinger C.; 08.2001; DE; 54 S.; F&E; Sfr. 7.25; Nr. 210098

**Nachhaltigkeit: Kriterien und Indikatoren für den Energiebereich;** Studie; Gubler F., Walter F., Brodmann U.; Ecoplan; 07.2001; DE; 186 S.; F&E; Sfr. 22.85; Nr. 210094

**Szenarien zu den Initiativen „Strom ohne Atom“ sowie „MoratoriumPlus“;** Studie; Eckerle K., Haker K., Hofer P.; Prognos AG; 02.2001; DE; 259 S.; F&E; Sfr. 29.30; Nr. 210093

**Akzeptanz von Komfortlüftungen im Wohnungsbereich / Adherence à l'aération douce dans les logements;** Bericht; Müller V., Gubler M., Peters M., Maillard S., Keller L.; IPSO; 05.2001; DE, FR; 44 S., 44 p.; F&E; Sfr. 25.00; Nr. 210092

**Stromeinfuhr oder Gasverstromung im Inland;** Expertise; Sättler M., Bohnenschäfer W., Schlesinger M.; Econcept AG; 02.2001; DE; 38 S.; F&E; Sfr. 5.65; Nr. 210091

**Energieeffizienz bei Elektrogeräten, Wirkung der Instrumente und Massnahmen;** Studie; Brunner C. U., Bush E., Gasser St., Lingenhel St., Nipkow J.; Brunner C. U.; 05.2001; DE; 96 S.; F&E; Sfr. 12.80; Nr. 210090

**Instrumente zur Absenkung des spezifischen Treibstoffverbrauchs von Personewagen;** Beitrag; Hammer S., Maibach M., Marti P.; Infrac AG; 02.2001; DE; 98 S.; F&E; Sfr. 14.40; Nr. 210089

**Marktöffnung im Gasbereich;** Jahresbericht; Dettli R.; Econcept AG; 12.2000; DE; 2 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 200354

**Marktöffnung im Gasbereich; Auswirkungen auf Energieverbrauch, Energiepreise, Umwelt sowie kompensierende Massnahmen;** Schlussbericht; Dettli R., Signer B., Kaufmann Y.; Econcept AG; 06.2001; DE; 88 S.; F&E; Sfr. 10.35; Nr. 210084

**Revision und Erweiterung der Energieverbrauchsstatistik der Industrie;** Konzept; Bendel R., Scherer R.; 06.1999; DE; 49 S.; F&E; Sfr. 25.00; Nr. 200361

**Revision und Erweiterung der Energieverbrauchsstatistik der Industrie und des Dienstleistungssektors;** Schlussbericht; Bendel R., Scherer R.; 12.2000; DE; 24 S.; F&E; Sfr. 18.00; Nr. 200360

**Perspektiven des Energieverbrauchs im Verkehr;** Jahresbericht; Infrac AG; 12.2000; DE; 19 S.; F&E; Sfr. 18.00; Nr. 200359

**Perspektiven des Energieverbrauchs in der Industrie;** Jahresbericht; Baumgartner W.; Basics AG; 12.2000; DE; 9 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 200358

**Stromeinfuhr oder Gasverstromung im Inland;** Jahresbericht; Sättler M.; Econcept AG; 12.2000; DE; 2 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 200357

**Kennzeichnung von Elektrizität gemäss Art. 10<sup>bis</sup> EMG;** Jahresbericht; Dettli R.; Econcept AG; 12.2000; DE; 4 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 200355

**Verbesserung der Bedingungen der Wasserkraftwerke in der Schweiz;** Jahresbericht; Filippini M., Spreng D., Banfi S., Wild J.; CEPE ETH-Zentrum, WEC; 12.2000; DE; 5 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 200353

**Nachhaltigkeit: Kriterien und Indikatoren für den Energiebereich;** Jahresbericht; Walter F.; Ecoplan; 12.2000; DE; 2 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 200352

## Feuerung und Verbrennung

**Programm Feuerung & Verbrennung; Aktivitäten und Projekte 2001;** Jahresbericht 2001; Hintermann A. et. al; 09.2002; DE, EN; 200 S., 200 p.; F&E; Sfr. 81.00; Nr. 220307

**Preprints Volume 1 Burners, Combustion and Heat transfer pollution aspects; INFUB 6th european conference on industrial furnaces and boilers, Estoril-Lisbon Portugal, 02-05 April 2002;** Paper; Griebel P., Bombach R., Inauen A., Kreutner W., Schaeren R.; 07.2002; EN; 12 p.; F&E; Sfr. -; Nr. 220306

**Tagungsbericht 6. Europäische INFUB-Konferenz;** Tagungsbericht; Griebel P.; 04.2002; DE; 3 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 220305

**Homogeneous ignition in high-pressure combustion of Methane/Air over Platinum: Comparison of measurements and detailed numerical predictions;** Article; Reinke M., Mantzaras I., Schaeren R., Bombach R., Kreutner W., Inauen A.; 07.2002; EN; 22 p.; F&E; Sfr. 18.00; Nr. 220304

**An experimental and numerical investigation of turbulent catalytically stabilized channel flow combustion of Hydrogen/Air mixtures over Platinum; Accepted for oral presentation, 29th international symposium on combustion, Hokkaido University, Sapporo, Japan, July 21–26, 2002;** Article; Appel Ch., Mantzaras I., Schaeren R., Bombach R., Käppeli B., Inauen A.; 07.2002; EN; 23 p.; F&E; Sfr. 18.00; Nr. 220301

**Turbulente, chemisch reaktive Strömung in Motorbrennräumen / Zusatzvert. II;** Jahresbericht; Frouzakis C., Lee J., Tomboulides A.G., Boulouchos K.; ETH Inst. für Energietechnik; 12.2001; EN; 70 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 210365

**Turbulente chemisch reaktive Strömung in Motorbrennräumen;** Jahresbericht; Frouzakis Ch., Boulouchos K.; ETH Inst. für Energietechnik; 12.2002; DE, EN; 18 S., 18 p.; F&E; Sfr. 18.00; Nr. 220297

**Erarbeitung von Grundlagen für innovative Brennverfahren und motorische Arbeitsprozesse;** Jahresbericht; Barroso G., Boulouchos K.; ETH Inst. für Energietechnik; 12.2002; DE; 11 S.; F&E; Sfr. 18.00; Nr. 220295

## Geothermie

**Wärmeversorgung Rankwog Trimbach; Wärmenutzung Hauensteintunnel Trimbach;** Schlussbericht; Meyer B., Zürcher D.; Elektra Baselland Liestal; 04.2003; DE; 22 S.; F&E; Sfr. 18.00; Nr. 230050

**Statistik Geothermische Nutzung der Schweiz für die Jahre 2000 und 2001;** Schlussbericht; Kohl Th., Andenmatten N., Rybach L.; Geowatt AG; 02.2003; DE; 24 S.; F&E; Sfr. 18.00; Nr. 230035

**Deep Heat Mining; Investigations relatives à l'implantation d'une centrale DHM à Genève;** Rapport final; Wilhelm J.; Häring Geo Project; 12.2002; FR; 13 p.; F&E; Sfr. 18.00; Nr. 220267

**Deep Heat Mining; Entwicklung der Hot-Dry-Rock / Hot-Wet-Rock Technologie zur Strom- und Wärmeproduktion in der Schweiz;** Resultatbericht; Häring M. O., Hopkirk R., Rybach L., Wilhelm J., Minder R., Vuataz F.-D.; Häring Geo Project; 12.2002; DE; 20 S.; F&E; Sfr. 18.00; Nr. 220259

**Abteilungen bei Infrastrukturanlagen? Grossprojekte zwischen Widerstand und Akzeptanz;** Jahresbericht; Frey R. L., Schaltegger Ch. A.; WWZ Geschäftsstelle; 12.2000; DE; 9 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 200351

**Elektrofahrzeugplattform an einer Schule (neu: Legair);** Jahresbericht; Rohrbach R., Schmocker F.; 12.2000; DE; 3 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 200350

**Energieverbrauch im öffentlichen Verkehr;** Jahresbericht; Brunner C. U.; CUB; 12.2000; DE; 2 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 200349

**Warendeklaration für Personewagen;** Jahresbericht; Grütter J. M.; 12.2000; DE; 20 S.; F&E; Sfr. 18.00; Nr. 200348

**Technologievermittlung im Energiebereich;** Jahresbericht; Binder H.-M., Schaller R.; Interface; 12.2000; DE; 6 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 200347

**Förderung des Exports im Energiebereich;** Jahresbericht; Iten R., Jochem E.; Infrac AG; 12.2000; DE; 7 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 200346

**Energetische und klimatische Auswirkungen der Förderabgabe und der Abgabe gemäss Grundnorm;** Bericht; Prognos AG; 06.2000; DE; 116 S.; F&E; Sfr. 15.25; Nr. 200276

**Effiziente Energienutzung: Investitionspraxis in der Industrie;** Bericht; Kuster J. et al.; BHP – Brugger, Hanser und Partner AG; 01.2000; DE; 59 S.; F&E; Sfr. 7.50; Nr. 200275

**Erfolgsrezepte für Solarstrom-Marketing; Untersuchung bei 10 EVU mit Befragung von 1000 Kund/innen;** Untersuchung; Frauenfelder S., Peters M.; Arbeitsgemeinschaft Linder Kommunikation AG und IPSO Sozial, Marketing- und Personalforschung; 12.1999; DE; 38 S.; F&E; Sfr. 4.80; Nr. 200274

**Harmonisierung kantonaler Energievorschriften im Baubereich;** Schlussbericht; Frauenfelder S., Baumgartner A., Jaboyedoff P.; 11.1999; DE; 122 S.; F&E; Sfr. 63.00; Nr. 200273

**Service Public im liberalisierten Strommarkt;** Schlussbericht; Sommer H., Kramer D., Walter F.; Ecoplan Bern und Altdorf; 11.1999; DE; 143 S.; F&E; Sfr. 18.35; Nr. 200271

**Tanktourismus;** Schlussbericht; Infrac; 01.2000; DE; 75 S.; F&E; Sfr. 9.00; Nr. 200268

**Large Eddy Simulation für turbulente nicht vorgemischte Verbrennung;** Jahresbericht; Kung M., Tomboulides A.G., Frouzakis C., Lee J., Boulouchos K., Klaus N., Stolz S., Kleiser L., Jeltsch R., Fey M., Baykal S., Gass J., Poulikakos D.; ETH Inst. für Energietechnik; 12.2001; EN; 6 p.; F&E; Sfr. -; Nr. 210364

**Large Eddy Simulation für turbulente, nicht vorgemischte Verbrennung;** Jahresbericht; Sagredo J. T., Jeltsch R., Baykal S., Gass J., Kung M., Tomboulides A., Frouzakis Ch., Stolz St.; ETH Inst. für Energietechnik; 12.2002; DE; 16 S.; F&E; Sfr. 18.00; Nr. 220292

**Erarbeitung von Grundlagen für innovative Brennverfahren und motorische Arbeitsprozesse;** Jahresbericht; Barroso G., Boulouchos K.; ETH Inst. für Energietechnik; 12.2001; DE; 9 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 210362

**Modellierung und Validierung von reaktiven, instationären 2-Phasen Strömungen;** Jahresbericht; Kunte St., Schneider B., Boulouchos K.; ETH Inst. für Energietechnik; 12.2001; DE; 11 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 210361

**Modellierung und Validierung von reaktiven, instationären 2-Phasen Strömungen;** Jahresbericht; Kunte St., Schneider B., Boulouchos K.; ETH Inst. für Energietechnik; 12.2002; DE; 19 S.; F&E; Sfr. 18.00; Nr. 220296

**Darstellung des Technologiepotenzials von zukünftigen Dieselmotoren zur Erfüllung zukünftiger Emissionsvorschriften bei niedrigem CO<sub>2</sub>-Ausstoss;** Jahresbericht; Boulouchos K.; ETH Inst. für Energietechnik; 12.2002; DE; 4 S.; P&D; Sfr. -; Nr. 220293

**Modellbildung Direct Injection (DI) Ottomotor;** Jahresbericht; Schänzlin K., Koch T., Boulouchos K.; ETH Inst. für Energietechnik; 12.2001; DE; 6 S.; P&D; Sfr. -; Nr. 210363

**Common-Rail Brennverfahren für EURO-III- und EURO-IV-taugliche Nutzfahrzeugdieselmotoren;** Jahresbericht; Schubiger R., Bertola A., Boulouchos K.; ETH Inst. für Energietechnik; 12.2001; DE; 9 S.; P&D; Sfr. -; Nr. 210360

**Common-Rail Brennverfahren für EURO-III- und EURO-IV-taugliche Nutzfahrzeugdieselmotoren;** Jahresbericht; Bertola A., Boulouchos K.; ETH Inst. für Energietechnik; 12.2002; DE; 8 S.; P&D; Sfr. -; Nr. 220294

**Perspektiven der zukünftigen Strom- & Wärmeversorgung für die Schweiz; Ökologische und ökonomische Betrachtungen;** PSI Bericht Nr. 01-12; Gantner U., Jakob M., Hirschberg St.; LEEE; 08.2001; DE; 84 S.; F&E; Sfr. 46.00; Nr. 210129

**Wärmenutzung Tunnelwasser Basistunnel Lötschberg, Nordportal; Machbarkeitsstudie Phase II;** Schlussbericht; Oppermann G., Dups Ch.; Gruneko AG; 01.2003; DE; 34 S.; P&D; Sfr. 25.00; Nr. 230002

**Opération géothermique de Lavey-les-Bains (VD); CESLA – Chaleur des Eaux Souterraines de Lavey S.A. Réalisation du forage géothermique profond P600 et exploitation de la ressource énergétique par pompage dans les puits P600 et P201 (juin 1997 – décembre 2002);** Rapport final; Bianchetti G., Vuilleumier R.; 12.2002; FR; 90 p.; P&D; Sfr. 46.00; Nr. 220246

## Kernfusion

**International Research Co-operation in the Field of Controlled Thermonuclear Fusion**; 25th Report Covering 2002; Rapport XXV; Conscience J.-F.; 02.2003; EN; 36 p.; F&E; Sfr. 25.00; Nr. 230029

## Kernspaltung

**RIKORR: Risskorrosion in druckführenden ferritischen Komponenten des Primärkreislaufes von SWR**; Jahresbericht; Seifert H.-P., Ritter S., Ineichen U., Tschanz U., Gerodetti B.; Paul Scherrer Institut (PSI); 12.2002; DE; 54 S.; F&E; Sfr. 35.00; Nr. 220248

**RIKORR: Risskorrosion in druckführenden ferritischen Komponenten des Primärkreislaufes von SWR**; Schlussbericht; Seifert H.-P., Ritter S., Ineichen U., Tschanz U., Gerodetti B.; Paul Scherrer Institut (PSI); 02.2003; DE; 108 S.; F&E; Sfr. 63.00; Nr. 230040

**Influence of cycle number, temperature and manufacturing process on deformation-induced martensite in meta-stable austenitic stainless steels; 5th international conference on contribution of materials investigation to the resolution of problems encountered in pressurized water reactors (Fontevraud-5), Paper No. 104, pp. 1 – 12, Fontevraud, France, 23. – 27. September 2002**; Article; Kalkhof D., Niffenegger M., Grosse M., Bart G.; Paul Scherrer Institut (PSI); 09.2002; EN; 12 p.; F&E; Sfr. 18.00; Nr. 220255

## Photovoltaik

**Solar ElectriCity Guide; New Solutions in Energy Supply**; Report; Barker M., Blewett-Silcock T., Eising K., Gutschner M., Kjellsson E., Lutter E., Nowak St., Steemers K., Tondi G.; Université de Fribourg; 01.2003; EN; 52 p.; F&E; Sfr. 15.00; Nr. 230046

**IEA PVPS Task 5 „Grid interconnection of building integrated and other dispersed photovoltaic power systems“**; Schlussbericht; Taiana S., Ruoss D.; Université de Fribourg; 10.2002; DE; 34 S.; F&E; Sfr. 25.00; Nr. 220330

## Solarwärme

**Solar Power System SPS: Projet d'une mini centrale pilote électro-thermo-solaire de 10 kW<sub>e</sub>**; Rapport intermédiaire; Pécoud C., Breguet R., Allani Y.; Cogener Sarl; 03.2003; FR; 12 p.; F&E; Sfr. 18.00; Nr. 230034

**Solaire actif: chaleur et stockage de chaleur / Solarwärme und Wärmespeicherung**; Activités et projets en 2002; Synthèse et rapport annuel des mandataires; Hadorn J.-Ch.; Planair; 12.2002; DE, FR; 184 S., 184 p.; F&E; Sfr. 60.00; Nr. 220260

## Technologie-Transfer / Systeme

**ENET-NEWS No 54 français**; 04.2003; FR; 40 p.; F&E; Sfr. -; Nr. 230037

**ENET-NEWS Nr. 54 deutsch**; 04.2003; DE; 40 S.; F&E; Sfr. -; Nr. 230036

## Umgebungswärme

**Abwärmnutzung aus bestehenden Schmutzwasserkanal in Binningen; Energiebilanz und Betriebsverhalten im Jahr 2002**; Zwischenbericht; Wärmeversorgung Binningen AG c/o Elektra Birseck Münschenstein (EBM); Gruneko AG; 02.2003; DE; 7 S.; P&D; Sfr. -; Nr. 230039

**Bâtiment locatif à Lutry avec sondes en terre rechargées en été, pompe à chaleur avec désurchauffeur et production d'eau chaude solaire; Bilan après 5 ans d'exploitation**; Rapport final; Matthey B.; 01.2002; FR; 229 p.; P&D; Sfr. 81.00; Nr. 220303

## Wasserkraft

**Vorstudie Kleinwasserkraftwerk Schöni, Hani bei Gwatt (Thun); Reaktivierung Niederdruck-Kraftwerk**; Schlussbericht; Kunz B., Meng Hp.; Kunz & Meng GmbH; 03.2003; DE; 22 S.; F&E; Sfr. 18.00; Nr. 230031

**Vorstudie Kleinwasserkraftwerk Mühle am Steintalerbach in Ebnat-Kappel; Reaktivierung der ehemaligen Wasserkraftanlage Mühle**; Schlussbericht; Burri J., Binder F.; Wick P.; 12.2002; DE; 48 S.; F&E; Sfr. 25.00; Nr. 220238

**Usine électrique de Choindez sur la Birse, Jura; Projet destiné au renouvellement de l'usine électro-mécanique**; Rapport; Engel A. P., Zimmermann D., Affolter E.; Société Bleue-Verte SA; 12.2002; FR; 32 p.; F&E; Sfr. 25.00; Nr. 220237

## Windenergie

**Windenergiestandorte Flims-Laax; Machbarkeitsstudie**; Schlussbericht; Weisskopf Th.; Weisskopf Partner GmbH; 03.2003; DE; 12 S.; F&E; Sfr. 18.00; Nr. 230038

**Rechtliches Regime der Windenergie**; Schlussbericht; Albrecht S., Universität Zürich; 12.2002; DE; 31 S.; F&E; Sfr. 25.00; Nr. 220266

**Nutzung der Windenergie im Kanton Graubünden**; Schlussbericht; Leyer H., Krüsi P.; Aventa Energie AG; 01.2003; DE; 44 S.; P&D; Sfr. 25.00; Nr. 230001

**Standortabklärung und Messung Leichtwindanlage**; Schlussbericht; Spalinger U.; ARGE Aventa; 11.2002; DE; 21 S.; P&D; Sfr. 18.00; Nr. 220235

## Verkehr allgemein

**MODULTEC – Modultechnologie für Leichtmobile**; Schlussbericht; Horlacher M., Efler Th., Wegmann S.; Horlacher AG; 03.2003; DE; 70 S.; F&E; Sfr. 35.00; Nr. 230054

**FEVER: Früherkennung von Ermüdungsschädigung an Kernkraftwerkskomponenten**; Schlussbericht; Kalkhof D., Grosse M., Niffenegger M., Tirbonod B.; Paul Scherrer Institut (PSI); 10.2002; DE; 50 S.; F&E; Sfr. 25.00; Nr. 220254

**Stress corrosion cracking of low-alloy reactor pressure vessel steels and of a weld filler material under BWR conditions; 15th International Corrosion Congress ICC, Paper No. 648 pp. 1 – 9, Granada, Spanien, 22 – 27 September 2002**; Article; Ritter S., Seifert H.-P.; 09.2002; EN; 9 p.; F&E; Sfr. -; Nr. 220249

**Monitoring of low-cycle fatigue degradation in X6CrNiTi18-10 austenitic steel; Journal of Nuclear Materials 296 (2001), pp. 305 – 311**; Article; Grosse M., Niffenegger M., Kalkhof D.; Paul Scherrer Institut (PSI); 12.2001; EN; 9 p.; F&E; Sfr. -; Nr. 210366

**IEA PVPS Task 7 „Photovoltaic power systems in the built environment“**; Schlussbericht; Ruoss D., Toggweiler P.; Université de Fribourg; 10.2002; DE; 43 S.; F&E; Sfr. 25.00; Nr. 220329

**Drei integrierte PV-Schallschutz Versuchsfelder; Bau und Erprobung**; Schlussbericht; Nordmann Th., Frölich A., Clavadscher L.; TNC Consulting AG; 12.2002; DE; 74 S.; P&D; Sfr. 35.00; Nr. 220264

**Tages-Hitzespeicher für einen konzentrierenden Solarkocher**; Bericht; Götz M.; 08.2002; DE; 24 S.; F&E; Sfr. 20.00; Nr. 220243

**Seminar „Nanotechnology for energy applications“ vom 19. Februar 2003 in Bern**; Seminarunterlagen; 01.2003; EN; 113 p.; F&E; Sfr. 63.00; Nr. 230003

**Gasmotor-Wärmepumpe mit Aarewasser in Hinterkappelen; langfristige Erfolgskontrolle Heizperiode 2001/2002**; Schlussbericht; Hämman F.; 12.2002; DE; 14 S.; P&D; Sfr. 18.00; Nr. 220302

**Wäschetrockner für das Mehrfamilienhaus und das Kleingewerbe (L/L); Wärmepumpe in einen Wäschetrockner integrieren und zur Marktreife entwickeln**; Schlussbericht; Dober E., Ulmer W.; V-Zug AG; 12.2002; DE; 14 S.; P&D; Sfr. 18.00; Nr. 220300

**Kleinwasserkraftwerk Sursee (LU); innovatives Konzept zur Korrektur von ökologischen Fehlleistungen aus früheren Eingriffen in der Suhre bei Sursee**; Schlussbericht über Bau und Betrieb des Kraftwerkes; Engel A. P.; Genossenschaft Windenergieanlagen Diegenstal c/o Alois Fuchs-Bodmer; 11.2002; DE; 13 S.; P&D; Sfr. 18.00; Nr. 220236

**Développement des turbines à basses chutes; Laboratoire de mini-hydraulique de Montcherand**; Rapport final; Denis V.; MHYLab; 12.2002; FR; 52 p.; P&D; Sfr. 35.00; Nr. 220230

**Etude de faisabilité; Petite centrale hydro-électrique au lieu dit „Sous les Roches“ à Sonceboz**; Rapport final; Tissot N., Hausmann H.; International Watch Company IWC; 02.2003; FR; 65 p.; P&D; Sfr. 35.00; Nr. 230055

**Abklärung des Windpotenzials am Piz Nair, Graubünden**; Schlussbericht; Reinhardt A.; ABB Energie Services Schweiz; 11.2002; DE; 43 S.; P&D; Sfr. 25.00; Nr. 220234

**Windverhältnisse Mettelmoos-Obwyden**; Schlussbericht; Aregger R.; 11.2002; DE; 37 S.; P&D; Sfr. 25.00; Nr. 220233

**Windmessung Detligen**; Schlussbericht; Fuchser R.; 12.2002; DE; 60 S.; P&D; Sfr. 35.00; Nr. 220224

**Potenzial- und Standortabklärungen für ein Windenergieprojekt auf dem Grimselpass**; Schlussbericht; Kapp Ch., Schwer P., Brenni R.; NEK Umwelttechnik AG; 11.2002; DE; 123 S.; P&D; Sfr. 63.00; Nr. 220220