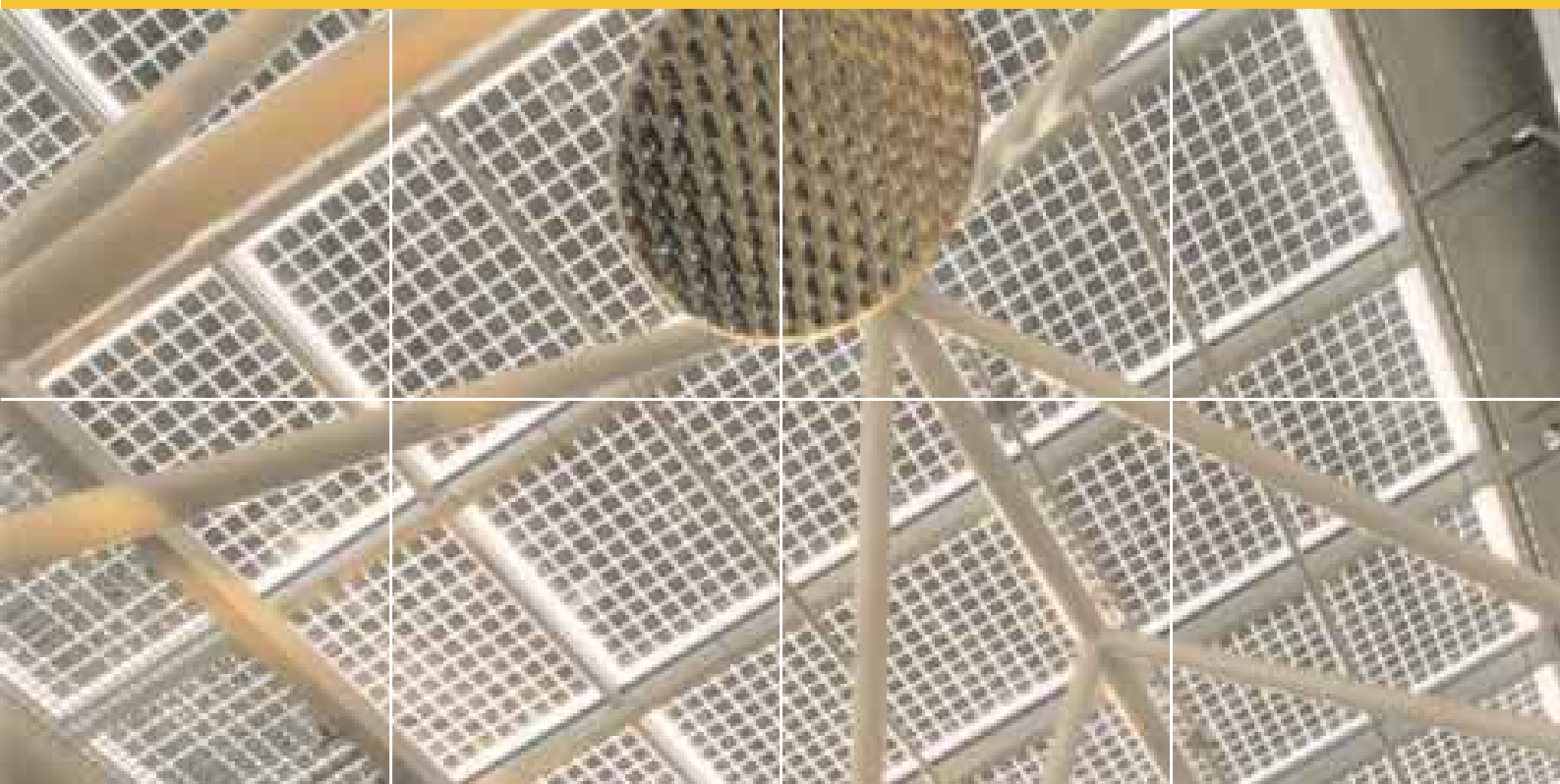


April 2002

# ENET NEWS

Informationen zur Energieforschung



Biomasse  
**Der Funke zündet**

Photovoltaik  
**Mit Forschungsergebnissen präsent**

Verkehr  
**Viel Intelligenz auf zwei Rädern**

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

 **energie**schweiz

**BFE**

- Expo.02 mit nachhaltigen Energieprojekten .....4  
 Penta Project – aktuelles Know-how für die Haustechnik .....5

**CORE**

- Am Wachstum partizipieren .....6

**ENET**

- Erfreuliche Entwicklung .....8

**Technologie-Transfer**

- Umsetzung leichter gemacht .....9

**Energiewirtschaftliche Grundlagen**

- Gasenergie auf Liberalisierungskurs .....10

**Biomasse**

- Der Funke zündet .....11

**Windenergie**

- Alpine Regionen im Fokus .....12

**Solarchemie**

- Hydropole – Kompetenz bei Wasserstoff ..13

**Holz**

- Direkt zu Strom und Wärme .....14

**Photovoltaik**

- Mit Forschungsergebnissen präsent .....16  
 Dünn und flexibel .....18  
 TISO: den Modulwerten auf der Spur .....20  
 Photovoltaik-Tagung 2002 .....21  
 Wesentlich besser integriert .....22  
 Ein Auf und Ab .....24

**Kleinwasserkraftwerke**

- Informieren und fördern .....25

**Umgebungswärme**

- Industrielle Abwärme nutzen .....26  
 Gross-Wärmepumpen im Einsatz .....26

**Gebäudesysteme**

- Minergie-P in Diskussion .....27  
 Passivhaus-Standard als Quantensprung...28

**Elektrizität**

- energieEtikette –  
 in Zukunft Stromeffizienz .....29

**Kernenergie**

- Vorsorge gegen das Unwahrscheinliche ...30

**Verkehr**

- Viel Intelligenz auf zwei Rädern .....32  
 Weniger Treibstoff und Emissionen .....34

**Brennstoffzellen**

- HXS 1000 Premiere hat CE-Zertifikat .....33

**Veranstaltungen** .....9**Neue Publikationen** .....35**Impressum**

ENET-NEWS  
 Informationen zur Energieforschung

April 2002 / Nr. 51

Erscheinungsweise: vierteljährlich in  
 deutscher und französischer Version

Herausgeber  
 Bundesamt für Energie BFE  
 Worblentalstrasse 32  
 CH-3063 Ittigen

Postadresse  
 Postfach  
 CH-3003 Bern

Redaktion  
 ENET Kommunikation  
 Jürg Wellstein  
 Parkstrasse 15  
 CH-4106 Therwil

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

Anzeigen:  
 ENET Kommunikation  
 Administration  
 Tel. +41 61 726 92 20  
 Fax +41 61 726 92 41

Nachdruck nur mit Quellenangabe.

Papier chlorfrei gebleicht  
 Gedruckt in der Schweiz.

**Titelfoto**

Solarzellen in Isolierglas integriert bilden eine architektonisch interessante Lösung einer Dachverglasung, wie das Beispiel des Migros-Einkaufszentrums am Limmatplatz in Zürich zeigt.

(Foto: energiebüro, CH-8005 Zürich)

# Mit Privatinitiative zu niedrigeren CO<sub>2</sub>-Emissionen

Ohne Zweifel hat die Zunahme des Terrors auch mit dem ungezügelter Energiehunger und dem Verhalten der westlichen Welt zur Sicherung der Erdölversorgung zu tun. Wir sollten uns bewusst werden, dass unsere westliche Kultur nicht die einzige und die allein richtige für die ganze Welt ist. Fraglos müssen wir, unabhängig von einer allfälligen Klimaänderung, unseren Primärenergieverbrauch wegen der Verfügbarkeit fossiler Reserven (zu erschwinglichen Kosten) und wegen politischer Instabilität in Ländern mit grossen Erdölvorkommen, drastisch senken.

Mit dem Ziel, mit der Energie rationeller umzugehen und zur Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen beizutragen, hat der Bundesrat am 1. Mai 2000 das CO<sub>2</sub>-Gesetz in Kraft gesetzt. Damit soll der CO<sub>2</sub>-Ausstoss bis ins Jahr 2010 im Vergleich zu 1990 auf freiwilliger Basis um 10 % reduziert werden. Falls dieses Ziel nicht erreicht wird, kann der Bundesrat subsidiär eine Besteuerung fossiler Brenn- und Treibstoffe vornehmen (beim Benzin beispielsweise max. 50 Rappen pro Liter) und/oder aber CO<sub>2</sub>-Abgasnormen erlassen. In einer hoch entwickelten Zivilisation sollten Vorschriften für ein vernünftigeres Verhalten nicht nötig sein. Vielmehr sollten sinnvolle Ziele durch freiwillige Massnahmen erreicht werden.

Der Verkehrssektor spielt bezüglich CO<sub>2</sub>-Emissionen eine wichtige Rolle. In diesem Zusammenhang ist es erfreulich, dass auto-schweiz sich mit ihren Mitgliedern dafür einsetzt, dass der durchschnittliche spezifische Treibstoffverbrauch der Neuwagenflotte von 8,4 Liter pro 100 km im Jahre 2000 bis Ende 2008 auf 6,4 Liter pro 100 km gesenkt wird. Mit besserer Technik und den entsprechenden Investitionskosten ist das Ziel ohne Änderung im Konsumverhalten erreichbar. Trotzdem wäre es erfreulich, wenn durch ein geändertes Konsumverhalten vermehrt Autos mit niedrigerem Verbrauch gewählt würden.

**„For American business values to continue to thrive, they will have to change, at least outside the US, and take into account goals other than simply boosting quarterly profits. Employee welfare, local cultures, environmental concerns, and nongovernmental activities will have to be dealt with.“**

*Zitat aus Fortune Nr. 24, 2001: Artikel „The American Way“.*

Nachhaltigkeit hat geringe Energieverbräuche als Voraussetzung. Dann ist es möglich, merkliche Anteile des Energiebedarfs auf Biomasse basierend zur Verfügung zu stellen. Ohne Besteuerung wäre der zukunftsfrüchtige, aus Abfallholz hergestellte Wasserstoff bereits heute preislich mit den besteuerten fossilen Treibstoffen konkurrenzfähig. Dabei soll nicht verschwiegen werden, dass noch einige prozesstechnische Fragen zu klären sind.

Energieforschung ist eine wichtige Voraussetzung, um mittel- bis langfristig attraktive Lösungen für eine Energieversorgung zu erarbeiten, die den Kriterien einer nachhaltigen Entwicklung unseres Planeten gebührend Rechnung tragen. Für Technologien, die genügend entwickelt sind und deren Wirtschaftlichkeit vorhersehbar ist, müssen Demonstrations- und Pilotprojekte realisiert werden.

Man kann sich die Frage stellen, ob es im Zusammenhang mit der CO<sub>2</sub>-Gesetzgebung (freiwillige Massnahmen) nicht denkbar wäre, eine Art

„Nationaler Energieforschungs-Fonds“, NEFF in neuer Form, zum Leben zu erwecken. Dann könnten zusätzliche Mittel gewonnen werden, welche nicht zweckentfremdet eingesetzt werden. Der NEFF war sehr effizient und setzte die Mittel sinnvoll ohne ein Zuviel an Politik ein; er bewegte etwas. Es wäre schön, wenn die Entscheidungsträger der Schweiz wiederum für diese Idee begeistert werden könnten – als ein freiwilliger Beitrag zur Umsetzung des CO<sub>2</sub>-Gesetzes. Ziel wäre es, Projekte mit den Thematika „Rationelle Energienutzung“ und „Nachhaltige Endenergieproduktion“ zu unterstützen. Ein kleiner Hinweis: 2 Rappen pro Liter Benzin würden 100 Millionen CHF erbringen; dies entspricht weniger als 30 CHF pro Automobilist bei einer mittleren Fahrstrecke von 15'000 km pro Jahr!

**Meinrad K. Eberle**

Direktor des Paul Scherrer Institut, Villigen

# Expo.02 mit nachhaltigen Energieprojekten

Die Landesausstellung bietet Gelegenheit, die Strategie einer zukunftsorientierten Energienutzung optimal zu kommunizieren

So nahe waren wir noch nie. In wenigen Wochen beginnt die Expo.02. Das Bundesamt für Energie BFE unterstützt mehrere Energieprojekte, welche der Strategie von EnergieSchweiz entsprechen und damit einen nachhaltigen Einfluss auf die Förde-



Vier Solarboote, deren Entwicklung vom BFE unterstützt wurde, verkehren für den Zubringerdienst zum Monolithen auf dem Murtensee.

rung erneuerbarer Energien und auf eine verbesserte Energieeffizienz haben werden.

## ExpoEnergy belohnt ökologische Energieproduktion

Mit dieser Aktion soll der Energiebedarf der Expo.02 durch zusätzliche dezentrale Produktionsanlagen für erneuerbare Energien und einsparende Massnahmen in Gebäuden kompensiert werden. Dann stimmt die Balance dieser Landesausstellung. Bereits sind mehr als zwei Drittel des geschätzten Energiebedarfs von rund 30 GWh abgedeckt. Die langfristige Wirkung ist landesweit realisierbar. Die von ExpoEnergy honorierten Empfänger der Gratistickets für die Expo.02 haben ihr Energiebewusstsein klar zum Ausdruck gebracht.

## Naturemade Star als Energielieferant

Teil des Energiekonzepts der Expo.02 ist eine effiziente und nachhaltige Energieversorgung, also auch bei der Elektrizität. Zum Betrieb der Arteplages soll ausschliesslich Strom mit dem Label „Naturemade Star“ verwendet werden. Dies garantiert umweltschonende Produktionskriterien. Vor Ort können sich die Besucher über die Ökostrom-Angebote in der Schweiz informieren.

## Flying Fish: voll Energie – ganz Natur

Flying Fish, das Ökolabel der Expo.02, zeichnet jene Aussteller und Betreiber von Anlagen aus, welche zukunftsorientierte

Energielösungen einsetzen. Bewertet wird hierbei auch der Einsatz von erneuerbaren Energieträgern. Flying Fish bedingt beispielsweise das Festlegen von Energiezielen, das systematische Ausschalten nicht benötigter Systeme und Geräte, das Bauen mit wieder verwertbaren Materialien usw. Zusätzliche Punkte erhält man mit einem publikumsgerechten Kommunizieren sol-



## Internet-Links

Unsere Landesausstellung 2002  
[www.expo.02.ch](http://www.expo.02.ch)

Der Einstieg zum BFE-Aktionsprogramm  
[www.energie-schweiz.ch](http://www.energie-schweiz.ch)

Aktion für nachhaltige Energieprojekte  
[www.expoenergy.ch](http://www.expoenergy.ch)

Alles über den sportlichen Höhepunkt der Expo.02  
[www.gigathlon.ch](http://www.gigathlon.ch)

Der neue Name für Strom, Erdgas, Wärme und Wasser  
[www.swisspower.ch](http://www.swisspower.ch)

*Bald öffnen sich die Tore der Expo.02, auch bei den Galets der Arteplage in Neuchâtel. Energie-Effizienz wird im ganzen Baubereich grossgeschrieben.  
(Foto: Expo.02/Ives André)*



## EnergieSchweiz auf Schweizerreise

Als Beitrag des Schweizer Sports zur Expo.02 wird im Juli 2002 der Swisspower Gigathlon durchgeführt. Swisspower heisst seit letztem September das Energieunternehmen von 20 Schweizer Städte- und Gemeindewerken, die Produkte und Dienstleistungen in den Bereichen Strom, Erdgas, Wärme und Wasser bieten.

Der Gigathlon führt von Yverdon-les-Bains rund um die Schweiz nach Biel und ermöglicht während sieben Tagen in unterschiedlichen Kategorien angemessene Leistungen zu erbringen, bei vier Disziplinen zu Land sowie beim Durchschwimmen von Seen und Flüssen.

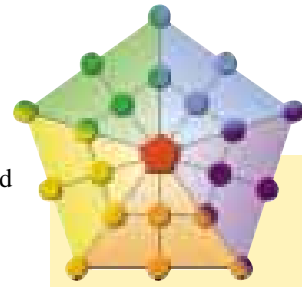
Mit dabei ist auch ein EnergieSchweiz-Team, das die energetischen Herausforderungen mit viel Grundlagenwissen annimmt und neben dem sportlichen Expo.02-Beitrag auch für EnergieSchweiz werben wird.

cher Energiemassnahmen – der Akteur wird zum Sympathieträger.

### Expo.02 fährt alternativ

Für die Erfüllung eigener Transportaufgaben setzt die Expo.02 dreissig gasbetriebene Fahrzeuge ein. Diese auf Gasbetrieb umgebauten VW-Modelle sind zwar bivalent, fahren jedoch im Expo-Raum mit Biogas oder Erdgas. An allen vier Standorten wurden inzwischen entsprechende Tankstellen eingerichtet.

Die Fahrzeuge sind Vorreiter hinsichtlich künftiger nachhaltiger Treibstoffe, gewonnen aus Biomasse oder mittels erneuerbarer Energie (z.B. Wasserstoff). Aber auch Erdgas als Treibstoff führt zu einer deutlichen Verminderung des Ausstosses an Schadstoffen gegenüber jenem herkömmlicher Benzin- und Dieselfahrzeuge. Das Projekt wird von den vier Partnern getragen: Expo.02, AMAG, Erdgas-Verband und EnergieSchweiz.



## Erneuerbare Energien

### PENTA PROJECT – aktuelles Know-how für die Haustechnik

Im August 2002 starten die ersten Ausbildungskurse im Rahmen von PENTA PROJECT. Mehr als zwanzig Branchenorganisationen, welche im Bereich der erneuerbaren Energien aktiv sind, haben sich zusammengeschlossen, um ein gemeinsames, marktgerechtes Weiterbildungssystem zu entwickeln. Fachleuten der Haustechnik und später auch Absolventen der Höheren Fachprüfung (HFP) sowie Technikern TS soll eine anerkannte Weiterbildung geboten werden, damit sie den sich ständig wachsenden Anforderungen des Marktes und der Technik gerecht werden können.

PENTA PROJECT ist modular strukturiert und gliedert sich vorerst in die fünf Bereiche:

- Grundlagen – Basiswissen der Energie- und Gebäudetechnik
- Holzenergie
- Umweltenergie – Wärmepumpen
- Solarenergie (thermisch und elektrisch)
- Kommunizieren und verkaufen – mit den richtigen Argumenten überzeugen.

Der Aufbau von PENTA PROJECT wird massgeblich durch das Programm EnergieSchweiz des Bundesamts für Energie unterstützt.

[info@pentraproject.ch](mailto:info@pentraproject.ch)  
[www.pentraproject.ch](http://www.pentraproject.ch)



*Gasbetriebene Expo.02-Fahrzeuge:  
Schlüsselübergabe an Nelly Wenger durch  
Hajo Leutenegger und Hans-Luzius  
Schmid (rechts), Leiter des Aktionspro-  
gramms EnergieSchweiz.*

# Am Wachstum partizipieren

Photovoltaik-Anwendungen expandieren weltweit – für die CORE seit langem eine zukunftsweisende Technologie

Die CORE (Commission fédérale pour la Recherche Énergétique) überwacht die grundlegenden Strategien der Energieforschung und erarbeitet Leitlinien für die Entscheidungsinstanzen des Bundes. Das CORE-Mitglied Martha Lux-Steiner, seit 1995 Professorin an der Freien Universität Berlin, Bereichsleiterin der Solarenergieforschung am Berliner Hahn-Meitner-Institut und Sprecherin des Direktoriums des Forschungsverbands Sonnenenergie (FVS) in Deutschland, erläutert ihre Einschätzungen zur internationalen Situation der Photovoltaik.

**ENET-NEWS: Seit einem Jahr sind Sie Mitglied der CORE. Welchen Eindruck haben Sie von dieser Kommission gewonnen?**

**Martha Lux-Steiner:** Dank einer kollektiven Zusammenarbeit steht die Suche

**Martha Lux-Steiner:  
„Förderprogramme müssen auch die Volkswirtschaft nachhaltig beeinflussen.“**

nach kreativen Lösungen immer im Vordergrund der Diskussionen. Diese Kommission verbindet unterschiedlichste Gesichtspunkte und Kompetenzen zu einer wesentlichen Stimme im Energieforschungsbereich. Ich habe den Eindruck, dass man möglicherweise zu viele Einzelaktivitäten bei der Forschung und Entwicklung verfolgt, so dass die Forschungsbeiträge stark aufgesplittet werden und an Wirkung einbüßen. Für die CORE sehe ich hierin eine der grössten Herausforderungen in ihrer beratenden Funktion.

**Wie beurteilen Sie als Photovoltaik-Forscherin die internationale Lage dieser Technologie?**

Die intensive Entwicklung von Solarzellen aus kristallinem Silizium hat in den vergangenen zwanzig Jahren den Grundstein für das heutige enorme Marktwachstum gelegt. Begünstigt durch die umfassenden japanischen und deutschen Förderprogramme konnten auch massive Produktionssteigerungen (im Jahr 2000 über 40 %) erreicht werden. Der reale Wirkungsgrad der Si-Solarmodule wurde auf rund 13 % gesteigert, gleichzeitig liessen sich die Herstellkosten senken. Die Forschung ist aber mehr denn je gefragt, denn es geht nun darum, mit neuen Materialien und deren Kombinationen die Solarzellen von morgen zu schaffen.

**Wo sehen Sie Schwerpunkte der Forschung und Entwicklung?**

Einerseits stellt sich heute die Frage: Welche Probleme sind für eine effizientere Solarzellenproduktion zu lösen? Dabei denke ich beispielsweise an die Anstrengungen zur Herstellung grossflächiger Solarzellen, für welche Entwicklungsunterstützung zugunsten von Produktivitätssteigerungen gefragt ist. Andererseits sind zahlreiche Forschungsinstitute dabei, neue Technologien und Materialkombinationen zu testen. Dazu zählen auch Forscher in der Schweiz, die mit ihren langfristigen Perspektiven internationale Spitzenpositionen innehaben. Hierbei ist die Dünnschichttechnologie mit amorphem und mikrokristallinem Silizium ein wichtiges Thema.

**Welche Bedeutung wird die Photovoltaik an der Energieproduktion der Zukunft haben?**

Wir können unterschiedlichste Hochrechnungen machen und dabei zu erstaunlichen Resultaten kommen. Tatsache ist jedoch: Obschon die Photovoltaik heute noch einen

marginalen Anteil an der Energieerzeugung hat, wird sie bei globaler Betrachtungsweise eine wichtige Funktion bei der Energieerzeugung der Zukunft haben. Photovoltaik wird zu einem Exportgut, das auch



*Martha Lux-Steiner:  
Wir brauchen grossflächigere Solarzellen, damit die Produktion effizienter wird.*



*Solarzellenforschung heute: auf der Suche nach Materialkombinationen von morgen.  
(Foto: Hahn-Meitner-Institut, Berlin)*

für die Schweiz von grösstem Interesse sein könnte. Bei der Realisierung von Förderprogrammen ist eine optimalere Abstimmung der Forschung und Entwicklung auf die Produktion und das Marketing zu verwirklichen, damit eine nachhaltige Wirkung auf Volkswirtschaft und Energienutzung erreicht werden kann.

Louis Schlapbach, Direktor der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt EMPA, ist innerhalb der CORE für die Betreuung des Forschungsprogramms Photovoltaik zuständig. In seiner Tätigkeit als Grundlagenforscher hat er sich u.a. mit materialwissenschaftlichen Fragen der Wasserstoffspeicherung für mobile Anwendungen befasst.

#### **ENET-NEWS: Welche grundsätzliche Strategie raten Sie dem BFE/UVEK bezüglich der Energieforschung?**

**Louis Schlapbach:** Jede erfolgreiche Technologie basiert auf Forschungstätigkeiten, die eine umfassende Betrachtung aller Faktoren einschliesst und in schrittweisem Entwickeln die Lösung eines Problems realisiert hat. Daher ist es berechtigt, dass vom BFE Grundlagenforschung sowie entsprechende weiterführende Entwicklungsprojekte zur Beantwortung unserer

künftigen Energiefragen gezielt gefördert werden. In einem unkomplizierten, offenen Klima beraten wir diese Themen regelmässig in der CORE und kommunizieren die Vorschläge ins Bundesamt und in die einzelnen Programme.

#### **Wie beurteilen Sie den Stellenwert der Photovoltaik-Forschung in der Schweiz?**

Wir haben starke Akteure an Universitäten, den beiden Eidgenössischen Technischen Hochschulen



*Louis Schlapbach:  
Wir haben in der Schweiz eine starke Photovoltaik-Forschung.*

und in einzelnen Instituten. Das internationale Renomee dieser Spezialisten ist bekannt. Dass die Umsetzung in den Markt verbessert werden sollte, ist vielen Fachleuten klar; die Hindernisse liegen jedoch nicht primär bei den technologischen

#### **Louis Schlapbach: „Die Energiewende beginnt in der Ausbildung.“**

Aspekten. Hier werden wohl intensive Anstrengungen aller Beteiligten nötig sein, damit der Spalt zwischen erfolgreichen Laborentwicklungen und einsatzfähigen Produkten rasch geschlossen werden kann. Eine wirkungsvolle Umsetzung ist mehr denn je gefragt.

#### **Mit welchen Massnahmen ist dies realisierbar?**

Wir müssen dabei vorne beginnen und von der Sensibilisierung in der Erziehung sprechen, die Ausbildung von Berufsleuten erwähnen und die Notwendigkeit einer stärkeren Integration der Energiethematik in den akademischen Kreisen sehen, also auch sozialwissenschaftliche Aspekte durchleuchten. Aber auch politische Entscheide treffen. Dann wird beispielsweise

das solar versorgte Gebäude zur Selbstverständlichkeit.

Die Chance liegt in der Tatsache, dass die meisten zukunftsweisenden Entwicklungen im Energiesektor heute High-Tech darstellen. Wird dies so vermittelt, dann beeinflussen wir damit direkt auch die nötige Motivation.

#### **Internet-Links**

Informationen zur CORE unter EnergieSchweiz, Stichwort CORE  
[www.energie-schweiz.ch](http://www.energie-schweiz.ch)

Das Hahn-Meitner-Institut in Berlin  
[www.hmi.de](http://www.hmi.de)

Material prüfen und Forschen an der EMPA  
[www.empa.ch](http://www.empa.ch)



# Erfreuliche Entwicklung

## Der ENET-Dokumentations-Service im Jahr 2001

**Annemarie Gemperli**  
ENET  
CH-9320 Arbon

### Versand von F&E- und P&D-Publikationen

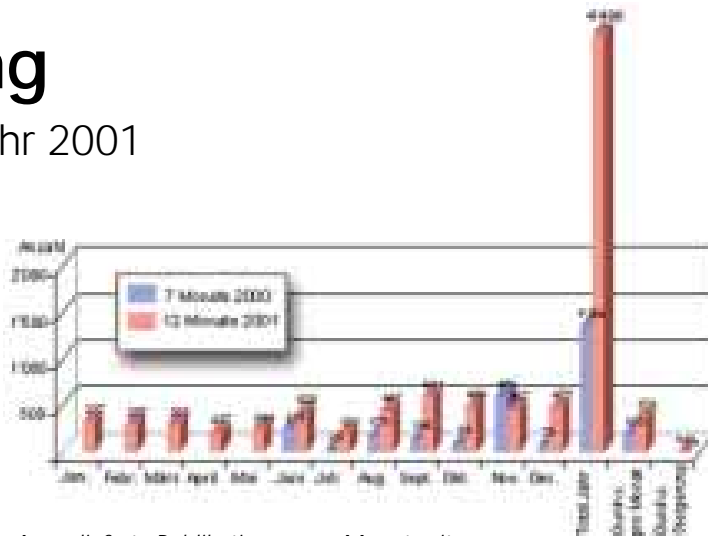
Die Nachfrage nach Publikationen aus dem Energiebereich ist im vergangenen Jahr signifikant gestiegen. Zu diesem Ergebnis haben u.a. die neu gestaltete Homepage „www.energieforschung.ch“ mit dem Online-Bestellservice sowie der ENET-News-Ticker und die ENET-NEWS-Broschüre beigetragen.

Im Jahr 2001 wurden pro Monat durchschnittlich 375 Publikationen versandt; im Jahr 2000 waren es ab Juni 193 pro Monat. Heute sind über 6'000 Publikationen online verfügbar. Neu erscheinende Publikationen werden laufend – in der Regel mit einem Abstract – in die On-line-Datenbank aufgenommen. Auf dieser stehen immer mehr Publikationen auch als pdf-File zur Verfügung. Die Auslieferung der Publikationen ab Lager und der „Print-on-demand“-Dokumente erfolgt wöchentlich zweimal per Post.

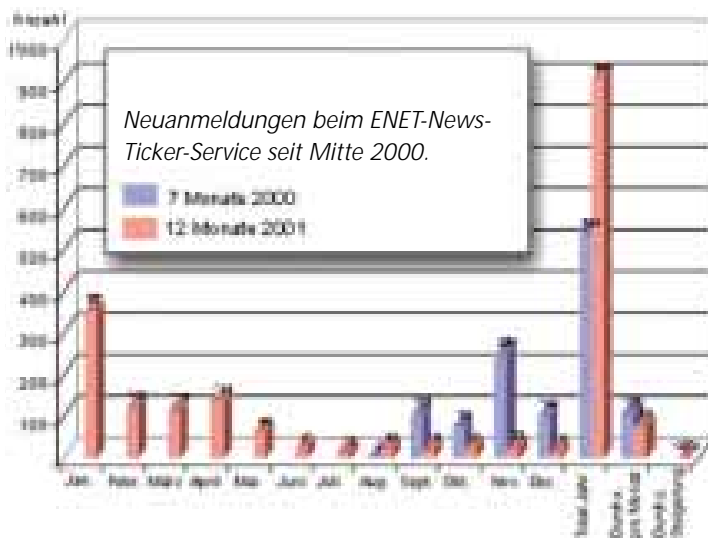
*Interessengebiete beim ENET-News-Ticker-Service: Anzahl registrierte Personen und versandte News-Ticker im Jahr 2001.*

### ENET-News-Ticker-Service

Der ENET-News-Ticker-Service versorgt wöchentlich registrierte Interessenten selektiv mit Neuheiten aus dem Energie-

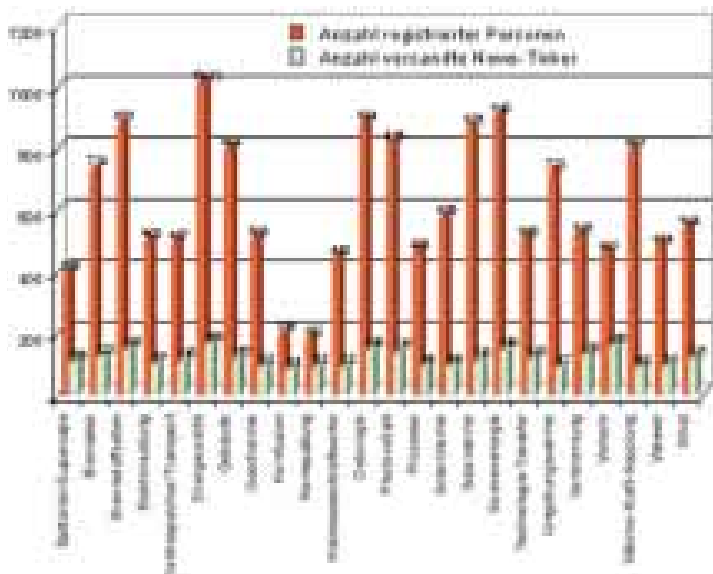


Ausgelieferte Publikationen pro Monat seit Mitte 2000.



bereich. Die News liefern in Form eines kurzen Emails die wichtigste Information über den Inhalt der Neuheit und die entsprechende Internet-Adresse.

Im Laufe des Jahres 2001 konnte die Anzahl der registrierten Interessenten kontinuierlich von 500 auf über 1'400 Personen gesteigert werden. Ein weiteres Wachstum zeichnet sich ab. Das Interesse an Informationen über die verschiedenen Programmbereiche ist mehrheitlich sehr hoch, wie die Grafik der registrierten Personen und versandten News-Ticker bestätigt.



## Technologie-Transfer

### Zusammenarbeit leichter gemacht

Ein wirkungsvoller Technologie-Transfer basiert u.a. auf guter nationaler und internationaler Zusammenarbeit. Daher kommt der Suche nach geeigneten Projektpartnern aus der Industrie und aus öffentlichen Stellen eine besondere Bedeutung zu. Das Bundesamt für Energie unterstützt die entsprechende Kontaktnahme insbesondere auch die Einbettung von Forschungsarbeiten in Projekte der Internationalen Energie-Agentur IEA.

Zurzeit befinden sich bei der IEA neue Projekte in folgenden Bereichen in der Startphase. Teilnehmer aus der Schweiz sind willkommen:

- **Meeresenergie-Systeme:** Analyse bestehender und Entwicklung neuer Systeme. Teilnahme zugesagt haben bisher Institutionen aus Dänemark, Portugal, Grossbritannien, Frankreich, Japan, USA und die EU-Kommission.
- **Licht und Energie:** Neue Technologien und deren Vermarktung. Bisher provisorische Zusagen aus zehn Ländern.
- **Separationstechnologien:** Membranen und thermisches Trocknen. Feste Zusagen aus Kanada, Deutschland, Niederlande; provisorische Zusagen aus zehn weiteren Ländern.
- **Fischereiwesen:** energieeffiziente Verfahren. Mit dabei sind Australien, Kanada, Frankreich, Norwegen, Grossbritannien und USA.
- **Elektrizitäts-Netzwerke:** Technologien, Systeme, Software. Interesse aus neun Ländern.
- **Kernfusionstechnologien:** Spherical Tori. Teilnahme zugesichert: USA, Grossbritannien, Brasilien.

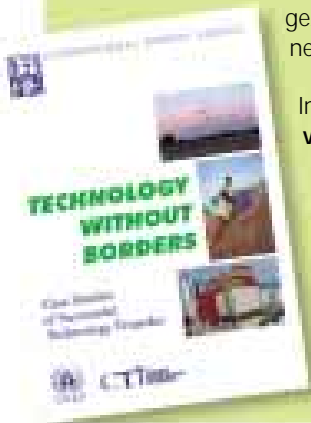
Für Interessierte bietet das Bundesamt für Energie über die entsprechenden Bereichs- und Programmleiter weitere Informationen und Unterstützung bei Kontaktnahme, Verfahrensfragen und Finanzierungen an.

Zentrale Ansprechstelle beim BFE: Christophe de Reyff.  
Email: christophe.dereyff @ bfe.admin.ch

### Technology without Borders

Die neue IEA-Broschüre enthält Fallstudien erfolgreicher Projekte eines Technologie-Transfers. Da es bei der Umsetzung von Klima relevanten Forschungsergebnissen in marktgerechte Produkte kein allein gültiges Rezept gibt, muss jeder Fall mit spezifischen Mitteln und Unterstützung betreut werden. Die aufgezeigten Fallstudien bieten daher geeignete praktische Hinweise.

Informationen:  
[www.iea.org/public/studies/cti.htm](http://www.iea.org/public/studies/cti.htm)



#### April

11. **EPIQR 1.0**  
Kurse in Lausanne, Fribourg und Genf zum EPIQR-Programme für Gebäude-Renovationen  
info @ epiqr.ch
11. / 25. **Passivhaus konkret**  
Weiterbildung zum Passivhaus-Konzept – HTA Luzern  
www.hta.fhz.ch
12. **Geothermie-Projekte nationaler Bedeutung**  
Bern  
www.geothermal-energy.ch
22. **Earthday 2002**  
Weltweiter Tag für die Umwelt  
www.earthday.net
25. **Moderner Holzbau und Solar-Architektur**  
Energie-Apéro: Fachhochschule Olten  
oka @ okapublic.ch

#### Mai

6. **Energieeffizient Bauen – Nutzen und Kosten.**  
Riesiges Stromeffizienzpotenzial aktivieren  
Energie-Apéro: HTA Bern  
oka @ okapublic.ch
7. / 14. / 28. **Passivhaus konkret**  
3 Kurstage zu 5 Modulen – EMPA Dübendorf  
www.empa.ch
- 16./17. **Nationale Photovoltaiktagung 2002**  
Lugano-Canobbio  
www.vse.ch
23. **Erneuern, Umnutzen, Verstärken von Holzkonstruktionen**  
EMPA/HSR-Tagung an der Hochschule Rapperswil  
www.hsr.ch und www.empa.ch
24. **energieEtikette – in Zukunft Stromeffizienz**  
Elektrizitätswerk Zürich – ewz  
www.energiestiftung.ch
28. **Minergie und Solarenergie**  
Energie-Apéro: HTA Burgdorf  
oka @ okapublic.ch
31. **Integrales Management der baulichen Infrastruktur**  
EMPA, Dübendorf  
www.empa.ch

#### Juni

10. **(R)evolutionieren adaptive Werkstoffsysteme die Technik?**  
Wissenschaftsapéro an der EMPA, Dübendorf  
www.empa.ch
11. **Gross-Wärmepumpen**  
9. UAW-Tagung, HTA Burgdorf  
www.waermepumpe.ch/fe
26. – 29. **Sun21 – 5. Internationales Energieforum**  
Kongresszentrum Messe Basel  
www.sun21.ch

#### Juli

1. – 5. **Fuel Cell 2002**  
5<sup>th</sup> European SOFC Forum, KKL Luzern  
www.efcf.com

#### September

4. – 6. **11. SolarPACES**  
Int. Symposium on Concentrated Solar Power and Chemical Energy Technologies, ETH-Zürich  
www.solarpaces2002.ch
- 12./13. **Energie und Umwelt im Hochbau**  
12. Schweizerisches Status-Seminar 2002  
Tagung an der ETH-Zürich  
www.empa.ch/zen

#### Energiekalender März – August 2002

Die chronologische Übersicht zu Aus- und Weiterbildungsangeboten sowie Veranstaltungen im Energiebereich. Gratis-Bezug des Fallprospektes bei: BFE, Corinne Voirol, Postfach, CH-3003 Bern;  
Email: corinne.voirol @ bfe.admin.ch

# Gasenergie auf Liberalisierungskurs

Zwei Studien gehen den Fragen einer Öffnung des Gasmarktes nach

## Ruedi Meier

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

## Martin Beck

BFE-Bereichsleiter  
Energiewirtschaftliche Grundlagen

## Stromeinfuhr oder Gasverstromung im Inland

Die vom BFE beauftragte Prognos-Studie behandelt den Fragenkatalog, der sich durch die Liberalisierung der Energiemärkte Europas für die Schweiz ergibt, insbesondere durch die sukzessive Öffnung des europäischen Gasmarktes. Erdgas wird zunehmend auch für die Stromerzeugung genutzt, denn technische und wirtschaftliche Vorteile von solchen Kraftwerken sind offensichtlich. Deshalb stellen Anlagen von mindestens 100 MW<sub>el</sub> (oder 50 MW<sub>el</sub> mit WKK) gegen Ende dieses Jahrzehnts eine mögliche Alternative für die Stromproduktion zur Deckung des künftigen Energiebedarfs dar.

Hoher Wirkungsgrad und relativ niedrige CO<sub>2</sub>-Ausstosswerte bieten für die Erdgas-Verstromung im Vergleich mit anderen fossilen Energieträgern wirtschaftliche und klimatische Vorteile. Diese werden in Zukunft sogar für einen Einsatz im Bereich der Grundlast-Stromerzeugung sprechen. Gegen Ende des Jahrzehnts, wenn die Überkapazitäten des europäischen Strommarktes abgebaut sein werden, sind solche Kraftwerke also eine realistische Option. Die abzuwägenden Auswirkungen der Frage Stromeinfuhr oder Gasverstromung im Inland betreffen vor allem Kosten, Emissionen und Primärenergiebedarf und Versorgungssicherheit. Langfristig erscheint die eigene Gasverstromung leicht kostengünstiger zu sein. Die Analyse ergibt

aber kein eindeutiges Bild der Vorteilhaftigkeit einer Variante. Die weitere Entwicklung, insbesondere der Elektrizitäts- und Gaspreise, bleibt abzuwarten.

## Marktöffnung im Gasbereich

Welche Auswirkungen hat eine mögliche Marktöffnung im Gasbereich? Die von econcept durchgeführte Untersuchung erläutert die Konsequenzen, die sich durch den vorliegenden Gesetzesentwurf auf Energieverbrauch und -preise sowie Umwelt ergeben. Zwei Szenarien zeigen den möglichen Einfluss auf die Preisgestaltung von Erdgas gegenüber Heizöl auf. Die Erdgaswirtschaft ist allerdings bereits seit jeher der Konkurrenz im Wärmemarkt (z.B. Heizöl) ausgesetzt und kennt daher den entsprechenden Kostendruck. Da die Erdgaspreise der langfristigen Lieferverträge an die Preisentwicklung von Heizöl bzw. Kohle gebunden sind, kann man davon ausgehen, dass Preisbindungen auch im geöffneten Markt bestehen bleiben. Trotzdem wird die grösste Veränderung der Marktöffnung bei den Gaspreisen (bis zu -15 %) erwartet.

Die Gesamtemissionen werden durch eine mögliche preisbedingte Absatzverschiebung zugunsten von Erdgas nur geringfügig verändert. Gesamthaft betrachtet ist eine Öffnung des Gasmarktes jedoch nicht mit derjenigen des Elektrizitätsmarktes vergleichbar. Da die Regulierung von Transport und Verteilung die möglichen Auswirkungen eines geöffneten Marktes stark beeinflusst, sind die angestrebten Vorteile von deren Ausgestaltung abhängig.

Studien:

- Stromeinfuhr oder Gasverstromung im Inland; M. Sättler, W. Bohnenschäfer, M. Schlesinger; BFE/Prognos AG Basel 2001
- Marktöffnung im Gasbereich, Auswirkungen auf Energieverbrauch, Energiepreise, Umwelt sowie kompensierende Massnahmen; R. Dettli, B. Signer, Y. Kaufmann; BFE/Econcept Zürich; 2001

## Internet-Links

Das BFE-Programm  
Energiewirtschaftliche Grundlagen –  
EWG – mit den  
jeweiligen Publikationen  
[www.ewg-bfe.ch](http://www.ewg-bfe.ch)

## Öffnung des Strommarktes

Die Vorträge der Tagungen „Öffnung des Strommarktes – Beiträge der energiewirtschaftlichen Forschung“ vom 22. November 2001 in Bern und vom 22. März in Zürich sind im Internet unter dem Stichwort „Strommarkt“ zu finden:

[www.ewg-bfe.ch](http://www.ewg-bfe.ch)

# Der Funke zündet

Die Vorteile der Gas-Turbine können auch beim Biogas-Betrieb erfolgreich genutzt werden

## Markus

### Widenhorn

ABB Schweiz AG  
Energie Services  
CH-8050 Zürich

## Daniel Würgler

Kompogas AG  
CH-8152  
Glattbrugg

## Martin

### Rüegsegger

BFE-Bereichsleiter  
Biomasse

Lässt sich eine Gas-Turbine auch mit Biogas betreiben? Zur Klärung dieser Frage wurde vor kurzem erstmals in Europa eine entsprechende Gas-Turbine in Niederuzwil installiert. Die örtliche, seit 1998 in Betrieb stehende Kompogas-Anlage, mit einem jährlichen Umsatz von ca. 10'000 t biogener Stoffe, speist dieses Turbinenmodul mit 100 kW Leistung. Brennstoffe für Gas-Turbinen sind üblicherweise Erdgas, Schwachgase (mit Luft erzeugte Brenngase) und Heizöle. Zum einen wird hier nun die Praxistauglichkeit beim Einsatz von Biogas getestet, zum andern kann auch der direkte Vergleich mit dem bisher bereits bestehenden konventionellen Verbrennungsmotor (Blockheizkraftwerk) vor Ort ermöglicht werden. Aber auch der Vergleich zur in Baden mit Erdgas eingesetzten Mikroturbine ist von Interesse. Kompogas und ABB realisieren – initialisiert und

unterstützt durch das BFE – diesen Test und machen damit einen wichtigen Schritt hin zu einer alternativen Stromerzeugungstechnik.

### Vorteile der Gas-Turbine gegenüber Kolbenmotor

Ein Kolbenmotor mit Fremdzündung oder Zündstrahl verdichtet im Zylinder

ein relativ fettes Luft-Brennstoffgemisch mit 0 bis 100 % Luftüberschuss. Dann verbrennt dieses während weniger als 10 Millisekunden, wodurch sich der Druck auf 70 bis 150 bar erhöht. Im selben Zylinder wird das Brenngas wieder expandiert. Die Bauteile sind daher grossen wechselnden Kräften ausgesetzt; Gleitflächen müssen intensiv geschmiert und gekühlt werden. Die Rücklaufemperatur einer Wärmeauskopplung ist somit begrenzt.

Die Gas-Turbine hingegen verdichtet mit einem Turbokompressor kontinuierlich Luft auf ca. 5 bar. Zusammen mit dem eingedüsten Brennstoff wird die im Rekuperator vorgewärmte Druckluft in der Brennkammer kontinuierlich verbrannt. Die Luft wird hier der stetigen Flamme wohl dosiert und gestuft mit bis zu 700 % Luftüberschuss zugemischt. Das 950 °C heisse Brenngas entspannt sich in der nachfolgenden Turbine von 5 bar beinahe auf Umgebungsdruck. Anschliessend dient das heisse Abgas der Druckluftvorwärmung. In einem einfachen Wärmetauscher wird dann Heizungswasser erzeugt. Das Turbinenrad aus Spezialstahl muss bei 70'000 U/min und 950 °C Brenngas-temperatur ebenfalls grossen, jedoch gleichbleibenden Belastungen standhalten. Die Lager

finden sich bei der ABB-Mikroturbine im kalten Teil beim Generator. Der heisse Teil der Turbine bedarf also keiner Kühlung. Das führt zu einer geringen Ölbelastung und langen Serviceintervallen. Der einfache Wärmetauscher im Abgas lässt sehr hohe Rücklauftemperaturen von weit über 100 °C zu, was für bestimmte Wärmeverbraucher absolut notwendig ist. Im Erdgas-Betrieb hat die Mikroturbine hohe Erwartungen erfüllt; die komfortablen Verbrennungsbedingungen lassen auch bei der Biogas-Anwendung auf exzellente Emissionswerte hoffen.

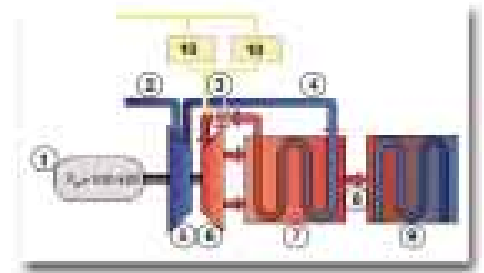
Die zweite Phase bringt Langzeittests

### Die zweite Phase bringt Langzeittests

In einer ersten Phase konnte inzwischen erfolgreich die Zündfunktion ohne zusätzlichen Erdgas-Treibstoff realisiert werden. In einer zweiten Phase werden in Langzeittests Angaben zu Leistung, Wirkungsgrad und Zuverlässigkeit erwartet. Dabei lassen sich Parameter, wie Kaltstart, Volllastbetrieb, Schwankungen beim Methananteil usw. untersuchen.



An die seit 1998 installierte Kompogas-Anlage in Niederuzwil wurde vor kurzem eine Mikro-Gas-Turbine für Biogas-Betrieb angeschlossen.



Thermodynamischer Prozess:

- 1 Generator
- 2 Lufteintritt
- 3 Brennkammer
- 4 Verbrennungsluft
- 5 Kompressor
- 6 Turbine
- 7 Rekuperator
- 8 Abgasaustritt
- 9 Wärmeaustauscher
- 10 Gas-kompressoren.

# Alpine Regionen im Fokus

Mit gezielten Fördermassnahmen werden die Potenziale der Windenergie im alpinen Bereich untersucht

**Robert Horbaty**  
BFE-Programmleiter  
Windenergie  
c/o ENCO GmbH  
CH-4438  
Langenbruck

**Markus Geissmann**  
BFE-Bereichsleiter  
Windenergie

Während die Windenergie weltweit ein erstaunliches Wachstum verzeichnet, ist die Entwicklung in der Schweiz bisher eher stockend verlaufen. Mit den im September 2001 installierten zwei weiteren Windanlagen auf dem Mont-Crosin sind nun rund 4,5 MW Leistung mit einer Produktionskapazität von ca. 5 GWh installiert. Das Ziel des UVEK lautet bis 2010: 50 – 100 GWh pro Jahr. Diesen Ausbau wollen die involvierten Bundesämter mit der Strategie einer Konzentration von grossen Windenergieanlagen an geeigneten Standorten erreichen.

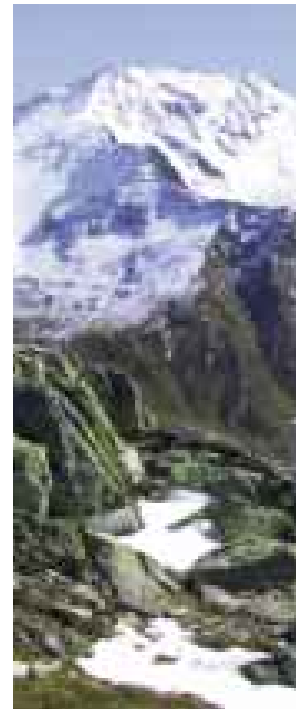
## Strom im Winter ist gefragt

Das neue nationale Förderkonzept, bei welchem der Schwerpunkt auf dem Dialog beruht, basiert auf der Tatsache, dass Windenergie mehrheitlich im Winter produziert werden kann, wenn Strom besonders gefragt ist. Zudem besteht eine partnerschaftliche Verbindung zur Wasserkraft. Mit dem Elektrizitätsmarktgesetz (EMG) werden in der Schweiz förderliche Rahmenbedingungen geschaffen, welche die Chancen für die Windenergie erhöhen:

- Kennzeichnungspflicht für Stromprodukte
- freie Durchleitung für Strom aus erneuerbaren Energien während zehn Jahren
- fixe Einspeisevergütungen.

## So hoch oben drehte noch keine

Das Fundament für den Weltrekord auf dem Gütsch bei Andermatt ist gelegt. In wenigen Wochen wird die neue Lagerwey-Windturbine mit getriebelosem Direktantrieb auf 2332 Metern über Meer montiert. Die 800-kW-Anlage des Elektrizitätswerk Ursern (EWU) stellt ein vom BFE unterstütztes Pilot- und Demonstrationsprojekt dar, mit dem die Praxistauglichkeit in alpiner Umgebung untersucht wird. Dementsprechend wurden Auslegung und technische Ausstattung gewählt. Die drei Rotorblätter sind luftbeheizt, die Bodenplatte (1000 t) wurde für Belastungen durch extreme Böenspitzen von bis zu 63 m/s (227 km/h) berechnet und das Sockelgebäude beherbergt die Trafostation und erhöht die Nabe um weitere fünf Meter.



Das Sockelgebäude, welches die Trafostation beherbergt, bildet das Fundament für die Windenergieanlage auf dem Gütsch bei Andermatt.  
(Foto: EW Ursern)

## Leistungsregelung der Windenergieanlagen

Die geplante Windanlage auf dem Gütsch ist für eine Vollast-Windgeschwindigkeit von 13 m/s ausgelegt. Um zu starke Belastungen oder Beschädigungen zu vermeiden, wird eine Abschaltgeschwindigkeit von 25 m/s definiert. Die entsprechende Regelung erfolgt mit einer Blattwinkelverstellung.

[www.windpower.org](http://www.windpower.org)

Grundsätzlich stehen für moderne Windkraftanlagen drei Methoden zur Verfügung:

- **Blattwinkelregelung (Pitch Control)**  
Die Rotorblätter werden bei veränderter Windgeschwindigkeit um ihre Längsachse so zum Wind gedreht, dass stets das Maximum an Energie erzeugt werden kann. Bei Überlast stehen sie schliesslich längs zum Wind und bremsen.

- **Regelung durch Strömungsabriss (Stall Control)**

Hier weisen die Rotorblätter einen fest eingestellten Winkel auf. Deren Geometrie ist aerodynamisch so ausgelegt, dass stärkere Winde Turbulenzen erzeugen und dadurch einen Strömungsabriss begünstigen. Die Antriebskraft vermindert sich daraufhin, der Rotor dreht langsamer.



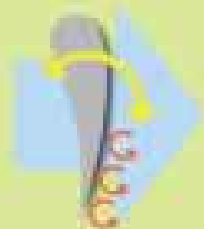
Drei Regelungsmethoden stehen für moderne Windenergieanlagen zur Auswahl.



Langjährige Messdaten sowie daraus errechnete Simulationen durch Meteotest Bern haben die Standortwahl auf dem Gütsch begünstigt. Ausserdem kann eine bestehende Zufahrtsstrasse sowie elektrische Infrastruktur genutzt werden. Zum 100-Jahr-Jubiläum hat sich das EWU also ein besonderes Geschenk gemacht.

- **Aktiver Strömungsabriss (Active Stall Control)**

Diese Kombination von Pitch und Stall deckt einen breiten Anwendungsbereich und nutzt die beiden Methoden mit ihren jeweiligen Vorzügen. Um bei zu starken Winden den Generator vor Überlast zu schützen, werden die Blätter in entgegengesetzte Richtung einer pitchgeregelten Anlage gedreht, um einen stärkeren Strömungsabriss zu erzeugen. Die Leistungsabgabe kann hier genauer geregelt werden, als bei einer konventionellen Stall-Regelung.



### Unterschiedliche Situation bei unseren Nachbarn

In Österreich sind bereits 138 Windanlagen mit einer installierten Leistung von über 95 MW in Betrieb. Allerdings liegen die Standorte mehrheitlich in Gebieten im Osten des Landes, die bezüglich Netzanschluss und Zufahrt leicht zu erschliessen sind. In alpinen Regionen konnten bisher nur wenige Anlagen gebaut werden, beispielsweise besteht die Höchstgelegene seit 1999 auf 1535 m.ü.M.

Während in Frankreich (Zielsetzung: bis 2005 rund 500 MW) mit der Schweiz vergleichbare Gegebenheiten zu erkennen sind, hat Deutschland einen beispielhaften Aufschwung erlebt. Waren 1990 rund 488 Anlagen im Einsatz, so standen im März 2001 bereits 9'612 im Wind. Damit kam man in die Reichweite von 6'000 MW installierter Leistung. In dieser Zeitspanne konnten die jeweiligen durchschnittlichen Investitionskosten mehr als halbiert werden.

### Mehr Wissen begünstigt die Akzeptanz

Erhöhte Wirtschaftlichkeit und Zuverlässigkeit von Windenergieanlagen begünstigen weltweit eine weitere Zunahme dieser Energienutzung. Im Jahr 2001 verzeichneten die Juvent-Anlagen auf dem Mont-Crosin rund 50'000 Besucher; die intensive Auseinandersetzung mit dieser Technik dürfte somit auch in der Schweiz einen positiven Einfluss auf die weitere Entwicklung ausüben.

#### Internet-Links

BFE-Informationen zur Windenergie unter „Erneuerbare Energien“ bei  
[www.energie-schweiz.ch](http://www.energie-schweiz.ch)

Informationen zur Windenergie in der Schweiz  
[www.suisse-eole.ch](http://www.suisse-eole.ch)

Besuch beim Windkraftpark Mont-Crosin  
[www.juvent.ch](http://www.juvent.ch)

### Solarchemie

## Hydropole – Kompetenz beim Wasserstoff

Hydropole, das neue Kompetenzzentrum für Wasserstofftechnologie, wurde Ende 2001 als Verein gegründet. Auf der Basis einer engen Zusammenarbeit von Know-how-Trägern soll die Implementierung zukunftsweisender Systeme und Produkte flexibel und rasch ermöglicht werden. Dazu dient eine Informations- und Kontaktstelle für die Bereiche Produktion, Nutzung



und Logistik sowie die Schaffung eines Netzwerkes verschiedenster Kontakte zu Forschern und Unternehmen. Koordination von Entwicklungsaktivitäten und Fördermassnahmen zum Thema Wasserstoff in der Schweiz ist ein weiteres wichtiges Anliegen.

Informationen zu Hydropole:  
[www.hydropole.com](http://www.hydropole.com)



## Direkt zu Strom und Wärme

Xylo watt-Holzvergasungsanlage nutzt die Wärme-Kraft-Kopplung für das Sägerei-Unternehmen Despond SA

### Vincent Pittet

Xylo watt SA  
CH-1618  
Châtel-St-Denis

### Daniel Binggeli

BFE-Bereichsleiter  
Holz

Seit einem halben Jahr erzeugt die Holzvergasungsanlage der Xylo watt SA Strom und Wärme für das Sägereiunternehmen Despond SA in Bulle. Die 4'000 m<sup>3</sup> jährlich anfallender Holzresten werden hier einerseits in den beiden Feuerungskesseln für die Wärmeherstellung genutzt, andererseits stehen sie nun auch für die Holzvergasung zur Verfügung. Die Verfahrenstechnik dieses Vergasers wurde auf der Basis einer Zusammenarbeit mit dem indischen Wissenschaftsinstitut in Bangalore für einen europäischen Einsatz angepasst. In Indien werden seit langem biogene Abfälle für die Stromerzeugung mit diesem Vergaser genutzt.

### Energieproduktion auf der Basis intensiver Entwicklungen

Diese im Contracting für die Despond SA arbeitende Anlage eignet sich besonders, weil Holzabfälle kontinuierlich zur Verfügung stehen und ein hoher Bedarf an Strom und Wärme vorhanden ist. Rund 60 kg Holzschnitzel werden pro Stunde zugeführt, um 60 kW Strom und 120 kW Wärme zu erzeugen. Diese wird im firmeneigenen Netz für die Holz Trocknung und Gebäudeheizung verwendet.

Die Entwicklungsarbeiten für die Holzvergasungsanlage wurden nebst dem Bundesamt für Energie (BFE) durch Verenum Zürich, die beiden Eidg. Technischen Hochschulen (ETH) sowie den Motorenlieferanten Liebherr unterstützt.

### Verfahrensablauf für Wärme und Strom

Die Gasproduktion läuft in einem oben offenen Reaktor ab, der über eine archimedische Schraube mit Holzschnitzel versorgt wird. Nach der Zündung werden diese Schnitzel unter Sauerstoffentzug auf 1'200 °C erhitzt und geben dabei ein Gas mit hohem Energiewert ab (4,9 MJ/m<sup>3</sup>). Es setzt sich je nach Feuchtigkeit des Holzes zusammen aus: 51 % Stickstoff, 19 % Kohlenmonoxid, 16 % Wasserstoff, 12 % Kohlendioxid und 2 % Methan. Die Gaszirkulation und der nötige Unterdruck im ge-



Vincent Pittet (rechts) von Xylo watt SA und Daniel Binggeli, BFE-Bereichsleiter, bei der Holzvergasungsanlage, welche der Despond SA Wärme und Strom liefert.



samten System wird durch einen Ventilator am Ende des Prozesses erzeugt. Beim Austritt aus dem Reaktor hat das Gas eine Temperatur von ca. 550 °C. Die Wärmeenergie wird durch einen an dieser Stelle integrierten Wärmetauscher sowie beim Gasmotor und nach dem Katalysator im Abgasrohr gewonnen und dem Wasserkreislauf des Netzes (ca. 900 MWh/Jahr) abgegeben.

Das Holzgas durchläuft drei Reinigungsstufen: einen Zyklon für grössere Partikel, eine Waschkolonne sowie einen Sandfilter. Durch die Vergasung wird die im Holz gespeicherte Energie mit einem Wirkungsgrad von 22 % in Elektrizität umgewandelt. Mit dem auf Gasbetrieb umgebauten Dieselmotor und dem direkt gekoppelten Generator werden 400 MWh Strom pro Jahr erzeugt. Die Anlage ist automatisiert und wird fern überwacht.

#### Weitere Rohstoff-Untersuchungen

Die Gaserzeugung mit diesem Prozess erlaubt grundsätzlich, verschiedene biogene

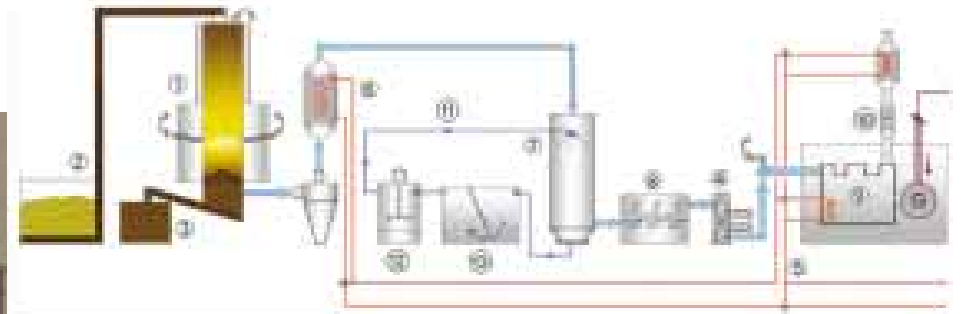


*Ein handelsüblicher, auf Gasbetrieb umgebauter Dieselmotor dient der Wärme-Kraft-Kopplung.*

Abfälle zu verwerten – vorzugsweise jedoch Holz. Aufgrund einer weiter gehenden Untersuchung im Testreaktor der Xylo watt SA konnten inzwischen von sieben Stoffen das Leistungspotenzial und die jeweiligen Emissionen getestet werden: Holzschnitzel, Abfallholz, gepresste Sägemehl-Briketts sowie Pellets aus Holz, Kaffeeabfällen, Nussschalen und Hühnermist. Dabei hat sich gezeigt, dass je nach gewählten Kriterien (Leistung, Wirkungsgrad, Gaszusammensetzung, Partikelaustritt usw.) variierende Spitzenreiter zu finden sind.

Die Anwendung dieser Holzvergassungstechnologie ist stark von einem kontinuierlich zur Verfügung stehenden Ausgangsstoff und der nahen Nutzungsmöglichkeit der erzeugten Wärme abhängig. Sie bietet für solche Gegebenheiten ein interessantes Wärme-Kraft-Kopplungs-Potenzial.

[www.xylo watt.ch](http://www.xylo watt.ch)



*Der Holzvergassungsprozess umfasst:*

- 1 Holzvergassungsreaktor
- 2 Holzzufuhr
- 3 Aschecontainer
- 4 Ventilator für den Gaskreislauf
- 5 Warmwassernetz
- 6 Wärmetauscher
- 7 Waschsäule
- 8 Sandfilter
- 9 Gasmotor mit direkt gekoppeltem Generator
- 10 Katalysator
- 11 geschlossener Waschwasser-Kreislauf
- 12 Ausflockung der Rauchpartikel
- 13 Wasserabscheider

*Die Holzverarbeitung des Sägereiwerkes Despond SA bietet reichlich Holzabfälle und kann Energie in Form von Wärme und Strom bestens nutzen.*



# Mit Forschungsergebnissen präsent

Die Schweizer Photovoltaikforschung hat in den vergangenen Jahren wichtige Meilensteine gesetzt

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

**Urs Wolfer**  
BFE-Bereichsleiter  
für Solar-  
technologien

## Pionierzeit setzt massgebliche Akzente

Vor 20 Jahren schrieb Mario Camani im Kanton Tessin Schweizer Photovoltaik-Geschichte: An seinem damals neu gegründeten TISO ging eine Photovoltaik-Anlage mit 10 kW<sub>p</sub> (kiloWatt-peak) ans Netz. Es war die erste netzgekoppelte Solarstrom-Anlage Europas. Das Interesse an dieser umweltfreundlichen Stromerzeugung wuchs rasch. Forschungsarbeiten in öffentlichen und privaten Labors, z.B. an der Universität Neuchâtel und der damaligen RCA in Zürich, führten bereits im Jahr 1985 zur Definition des Schweizer Photovoltaik-Programms.

Man forschte an neuen Solarzellen und Prozessen, sowohl an kristallinen – aus der Elektronik abgeleiteten – Silizium-Solarzellen als auch an den damals neuen amorphen Dünnschicht-Silizium-Solarzellen. Schon bald fanden aber auch Arbeiten im Bereich der sogenannten Systemtechnik statt, beispielsweise an der Entwicklung von Wechselrichtern. Diese frühe systemorientierte Forschung und Entwicklung ist eines der besonderen Merkmale der Schweizer Photovoltaik, welches bis heute seine Gültigkeit behalten hat.

## Die neue Technologie wird bekannt

Die damalige „Tour de Sol“ tat – obwohl im Ursprung nicht so vorgesehen – das ihre zu einer breiteren Bekanntheit der Photovoltaik in der Öffentlichkeit. Weitere Meilensteine waren 1989 die erste gebäudeintegrierte Anlage (Alpha Real) sowie die erste Schallschutz-Anlage (TNC Consulting). Mit dieser ausgeprägten Anwendungsorientierung galt die Schweiz auch international als Pionierland für die Photovoltaik. Nach dieser Sturm-und-Drang-Zeit konnte zunehmend das Entstehen von Strukturen beobachtet werden. Neue Firmen entstanden und neue Produkte wurden entwickelt,

vor allem in der Systemtechnik und für die Gebäudeintegration.

## Weltweit beachtete Spitzenresultate in Forschung und Technologie

Das Schweizer Photovoltaik-Programm basiert auf einem mehrjährigen Konzept. Sowohl für Forschung und Entwicklung als auch für Pilot- und Demonstrationsvorhaben bildet es eine breite Grundlage und formuliert entsprechende Ziele und Aktivitäten. Wichtigstes Anliegen ist dabei eine weitere, bedeutende Kostenreduktion. Die Forschung an neuen Solarzellen ist dafür ein wichtiges Standbein, wobei sich der Schwerpunkt heute ganz auf Dünnschicht-Solarzellen konzentriert. Dazu arbeiten das Institut de Microtechnique (IMT) der Universität Neuchâtel und das Centre de Recherche en Physique des Plasmas (CRPP) an der EPFL an dünnen Silizium-Solarzellen; die Gruppe Dünnschichtphysik an der ETHZ an dünnen Solarzellen von (II-VI) Verbindungshalbleitern

*Plasmareaktor für Forschung im Bereich der Dünnschicht-Solarzellen am Institut für Mikrotechnik (IMT) der Universität Neuchâtel.*



(CIGS und CdTe); das PSI an dünnen Silizium-Germanium-Zellen und das Institut de Chimie Physique (ICP) an sogenannten Farbstoffzellen.

Viele dieser Forschungsarbeiten haben zu weltweit anerkannten Resultaten mit vielversprechenden Perspektiven geführt. So gilt die „mikromorphe“ Zelle des IMT als aussichtsreicher Kandidat im Bereich des Dünnschicht-Siliziums. An der ETHZ wurde ein Weltrekord für flexible CIGS-Zellen erzielt. Im Weiteren gelten Farbstoffzellen als mögliche langfristige Option. Charakteristisch für den heutigen Stand dieser Forschung ist das starke Bestreben nach einer Umsetzung in industrielle Produkte. Es finden dazu mit bestehenden und neuen Start-up-Firmen KTI-Projekte statt.

Neben diesen, an Solarzellen orientierten Forschungsthemen stehen neue Lösungen und Produkte vor allem für die photovoltaische Gebäudeintegration im Vordergrund. Dieses Gebiet bildet denn auch den Schwerpunkt für künftige Anwendungen in der Schweiz. Synergien zwischen Gebäudesystemen, Dünnschicht-Solarzellen und diversen Funktionen am Gebäude sind deshalb das wichtigste Ziel. Dagegen haben sich in der Systemtechnik eine Reihe von Produkten im Markt bereits etabliert; ent-

sprechend ist hier der Forschungsbedarf weitgehend abgedeckt. Das Programm wird abgerundet durch einen unterstützenden Bereich, welcher diverse Werkzeuge zur optimalen Planung und Auslegung von Anlagen umfasst.

### Produkte für den Export

Industrielle Photovoltaik-Produkte aus der Schweiz umfassen einerseits die Systemtechnik (z.B. Wechselrichter und Stecksysteme), andererseits Komponenten für die Gebäudeintegration. Ausserdem sind verschiedene Erzeugnisse der Zulieferindustrie weltweit führend. Eine wachsende Exporttätigkeit ist in diesen Bereichen auch klar festzustellen. In den letzten Jahren haben die Anstrengungen zur Umsetzung der Solarzellen-Entwicklungen deutlich zugenommen. Erste Schweizer Produkte sind dabei, den Markteintritt für Kleinanwendungen zu realisieren.

Ein weitgehend selbstständiger und kompetitiver Markt hat sich in der Schweiz für Inselanwendungen der Photovoltaik gebildet: Immer häufiger trifft man auf photo-

voltaisch versorgte Parkuhren sowie Verkehrssignale und in den Alpen sind Anlagen für Telekommunikationssysteme und Alpthütten inzwischen üblich. Die Gebäudeintegration hat sich aufgrund von diversen Förderprogrammen verbreitet; durch Solarstrombörsen wurden Anlagen auf Gebäuden begünstigt. Weitere Kostenreduktionen sind für eine verbreitete Anwendung das wichtigste Ziel.

### Aus Tradition für eine internationale Zusammenarbeit

Die internationale Zusammenarbeit hat in der Schweizer Photovoltaik eine grosse Tradition, sowohl in den Forschungsprogrammen der Europäischen Union als auch beim Programm PVPS der Internationalen Energie-Agentur IEA. In der Beteiligung an den Rahmenforschungsprogrammen der EU steht die Photovoltaik innerhalb der Schweizer Energieforschung klar an der Spitze. Dies ist gleichsam Ausdruck der internationalen Wettbewerbsfähigkeit wie der Notwendigkeit, in diesem hochtechnologischen Gebiet grenzübergreifend zu kooperieren. In letzter Zeit werden die Aktivitäten der internationalen Kontakte in Richtung Entwicklungszusammenarbeit ausgeweitet.

### Auf die kommenden Herausforderungen vorbereitet

Die Schweizer Photovoltaik steht derzeit vor grossen Herausforderungen: Unter den angespannten Budgetverhältnissen gilt es, den international erreichten Stand zu halten, die Umsetzung in industrielle Produkte und Lösungen voranzutreiben und einen angemessenen Heimmarkt sicherzustellen. Vorwärts orientierte Strategien und vor allem gemeinsam getragene Visionen können der Schweizer Photovoltaik angesichts eines weltweit stark wachsenden Marktes auch in Zukunft zum Erfolg verhelfen.



*Demosite auf dem Gelände der EPFL: Demonstration unterschiedlicher Integrationslösungen für Photovoltaik-Module, beispielsweise auf einem begrüntem Flachdach.*

## Dünn und flexibel

### VHF-Technologies produzieren Dünnschicht-Solarzellen ab Rolle für flexible Applikationen

Auf der Grundlage der VHF-Plasma-Technologie wird ein Trägermaterial aus Kunststoff kontinuierlich mit Silizium beschichtet. Auf diese Weise lassen sich dünne, äußerst flexible Solarzellen herstellen, die eine breite Applikationspalette bieten und sowohl mit Sonnenlicht als auch künstlichen Lichtquellen funktionieren. Der Schwerpunkt der Anwendungen liegt im Low-Power-Bereich. Das Start-up-Unternehmen VHF-Technologies in Le Locle konnte mit einer Produktionsanlage den Schritt zur industriellen Herstellung dieser Solarzellen bisher erfolgreich durchführen und nimmt zurzeit eine zweite Anlage in Betrieb, mit welcher der Ausstoss verdoppelt werden kann.

#### Vereinfachte Produktion von Solarzellen

Die Forschungsarbeiten, die zur Dünnschichttechnik geführt haben, sind mit BFE-Unterstützung am Institut für Mikrotechnik an der Universität von Neuchâtel durchgeführt worden. Diego Fischer, einer der Gründer von VHF-Technologies: „Als Mitarbeiter von Prof. Arvind Shah bin ich bei den Entwicklungsschritten zu dieser Technologie, die auf einem Patent aus dem Jahr 1987 basiert, direkt involviert gewesen. Die markanten Vorteile für eine vereinfachte Produktion von Solarzellen, die deutlich weniger Graue Energie benötigen und mehr Gestaltungsfreiheiten der einzelnen Zellen bieten, überzeugen.“

Daher lag der Entscheid für eine Unternehmensgründung auf der Hand. Raoul Sautebin, Präsident des Verwaltungsrats: „Das

Verfahren war vorhanden, die Produktideen wurden formuliert, doch die Umsetzung in industrielle Prozesse war beim Start eine echte Herausforderung. Dank der Verstärkung des Teams durch Mitarbeiter mit Industrieerfahrung konnten inzwischen markante Fortschritte erzielt werden; das Unternehmen ist bereits von drei auf zwölf Personen angewachsen.“ Bis heute hat VHF-Technologies mit über 300 potenziellen Kunden Kontakt aufgenommen, um die Anwendungschancen und technischen Kriterien zu eruieren. Dabei wird auch die Substitution bestehender Energieversorgungen, z.B. Batterien, betrachtet sowie neuartige Lösungen von bisher mit Photovoltaik nicht möglichen Aufgabenstellungen, beispielsweise bei der Integration in Kleidungen oder für den Elektronikgeräte-Markt; beide Bereiche weisen beachtliche Chancen auf. Aber auch die Raumfahrt ist von Interesse, wenn man komplexe Strukturen und Entfaltungsanforderungen von Satelliten berücksichtigen muss.



*Qualitätskontrolle dient auch zur konsequenten Verbesserung der Verfahrenseffizienz.*



*Im Vakuumreaktor durchläuft die Kunststoffolie ab Rolle das hochfrequente Feld für die Silizium-Beschichtung.*

## Verfahrenstechnik mit VHF

Ausgangsmaterial ist in der Regel eine handelsübliche Polyimid-Kunststoffolie in Rollenform von rund 50 µm Dicke, die bereits mit einer Aluminiumschicht versehen ist. Während des Produktionsprozesses wird ein gasförmiger Siliziumwasserstoff (SiH<sub>4</sub>) in den Vakuumreaktor geleitet. In einem hochfrequenten Feld (Very High Frequency – VHF) entsteht aus dem Gas ein Plasma. Darin wird bei einer Temperatur von nur 200 °C eine 0,5 µm dicke Beschichtung auf der kontinuierlich durchlaufenden Folie erzeugt. Die Bahnbreite beträgt 30 cm, die Länge kann bis zu 30 m betragen. Einerseits lassen sich vollflächige Beschichtungen ausführen, andererseits auch bereits strukturierte Module für bestimmte OEM-Anwendungen. Der erforderliche Spannungswert lässt sich durch die Anzahl Beschichtungen und die Dimensionierung der einzelnen Zellen berücksichtigen.

Die heutige Pilotproduktionslinie von VHF-Technologies hat eine Kapazität von 2000 m<sup>2</sup> pro Jahr. Neben der Inbetrieb-



Diego Fischer (links) und Raoul Sautebin sind von den Chancen der flexiblen Dünnschichtzellen überzeugt.

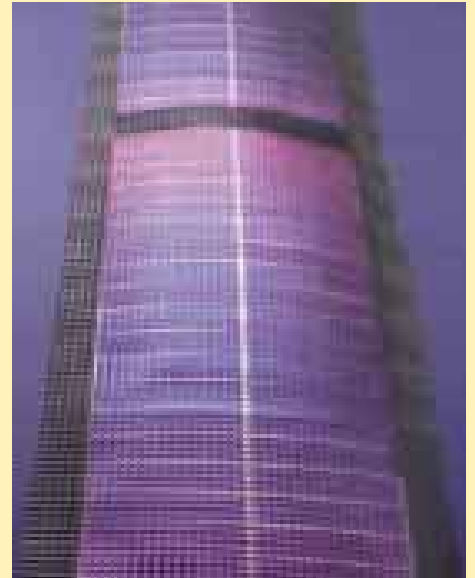
nahme einer zweiten Produktionsanlage, welche die Kapazität verdoppeln wird, werden derzeit spezielle Anstrengungen zur Verbesserung der Produktivität unternommen. Die Weiterverarbeitung der beschichteten Kunststoffbahn erfolgt in einem Laser-Plotter. Hier werden Rasterungen angebracht und Zellen nach Mass geschnitten. Einen wichtigen Arbeitsschritt stellt die anschließende Qualitätskontrolle dar.

Für den Einsatz bei Bekleidungen, Sonnenschutz für Autos usw. werden die Zellen beidseitig laminiert und damit vollkommen geschützt.

## Breite Palette an Anwendungen

Die flexiblen Solarzellen von VHF-Technologies können innen und aussen zum Einsatz kommen. Mit einer Lampe von nur 150 Lux werden immer noch 60 % Rest-Spannung erreicht. Damit sind Anwendungen im Innern von Gebäuden möglich, bei denen man bisher kaum an die Photovoltaik denken konnte.

Aufgrund des zur Zeit noch geringen Wirkungsgrades der Dünnschichtzellen (ca. 5 – 8 % auf Glas und Stahl, 3 – 4 % auf Kunststoff) gegenüber den üblichen kristallinen Solarzellen steht die Anwendung zur reinen solaren Energieproduktion noch im Hintergrund. Die deutlich günstigeren Produktionsbedingungen und die geringeren Silizium-Mengen bieten jedoch eine Zukunftsoption. Als solche wird zurzeit mit einem KTI-Projekt die Applikation auf vorgefertigten Aluminium-Fassadenelementen geprüft. Hierbei ist wiederum die Flexibilität der Solarzellen sowie die Einsatzmöglichkeit der gefertigten Rollen von Vorteil. Die VHF-Technologies bietet innerhalb der gesamten Wertschöpfungskette zur Herstellung von flexiblen Solarzellen die Kernkompetenz bei Beschichtung und Konfektionierung, die gezielte Weiterverarbeitung von kundengerechten Produkten kann hingegen bei spezialisierten Firmen erfolgen.



Flexible, dünne Solarzellen bieten eine Vielfalt an Applikationsmöglichkeiten sowohl bei Innen- als auch Aussen-Anwendungen, aber auch in Kleidungen integriert.

## Internet-Links

Alle Informationen über die flexiblen Dünnschicht-Solarzellen von VHF-Technologies in Le Locle  
[www.vhf-technologies.com](http://www.vhf-technologies.com)



# TISO: den Modulwerten auf der Spur

Solarpreis-Gewinner 2001 untersucht Module und feiert bald das 20-Jahr-Jubiläum

TISO, das Solarlaboratorium an der SUPSI in Canobbio bei Lugano testet Photovoltaik-Module. Auf diese Weise können die jeweiligen Herstellerangaben verifiziert und die Eignung für eine bestimmte Anwendung der Module ermittelt werden. Mit Labortests und Langzeitversuchen unter realen Umweltbedingungen werden die erforderlichen Daten gesammelt. Dabei prüft das Team die elektrischen Eigenschaften, Zuverlässigkeit und Leistungsvermögen bzw. den Leistungsabfall einzelner handelsüblicher Module. Zurzeit werden auf dem Dach des TISO jeweils zwei Module von insgesamt 13 Typen von kristallinem und amorphem Silizium unter identischen Umweltbedingungen simultan untersucht und verglichen.

## Langzeit- und Simulator-Messungen

Neben dem Erfassen von Leistungsdaten sind auch thermografische Aufnahmen der Module von Bedeutung, um einzelne Hot-spots zu erkennen. Über einen Zeithorizont von 15 Monaten werden hier Leistungsabfall und Qualitätsminderung unter realen klimatischen Bedingungen des Tessins erfasst.

Der Impuls-Solar-Simulator – Mitte 2001 vom Swiss Accreditation Service (SAS) zertifiziert – ermöglicht Standardmessungen (Standard Test Conditions STC) der einzelnen Module mit Hilfe eines Lichtblitzes. Die verschiedenen Daten werden

ausgewertet und geben Aufschluss über die Eignung bestimmter Module für spezielle solare und klimatische Voraussetzungen, somit für entsprechende Anwendungen.

## Langjährige internationale Zusammenarbeit

Eine weitere Aktivität von TISO ist die im Rahmen eines EU-Projekts zusammen mit dem Joint Research Centre of the European Commission (JRC) in Ispra (Italien) durchgeführten Ermittlungen der Langzeitfunktion der vor 20 Jahren installierten Photovoltaik-Anlage mit 252 Modulen und einer Leistung von 10 kW. Das MTBF-Projekt (Mean Time Before Failure) soll die mög-

## Clean Energy St. Moritz 2003 auch mit Photovoltaik

Das St. Moritzer Gesamt-Energieprojekt zur Nachhaltigkeit der alpinen Ski-WM 2003 umfasst u.a. auch Photovoltaik-Projekte. Dazu gehört die grösste netzgekoppelte CIS-Anlage in Europa mit 16,8 kW<sub>p</sub>. Insgesamt 420 Module sind auf dem Dach der Kunsteisbahn St. Moritz-Bad installiert. Ziel des Projekts ist die Evaluation der Leistungsfähigkeit von CIS unter extremen klimatischen Bedingungen. Zur Anlage hat TISO eine direkte Leitung und misst die klimatischen und elektrischen Werte. Mit den ersten Messungen konnte bereits ermittelt werden, dass das Verhalten der CIS-Module den kristallinen Silizium-Modulen ähnlich ist und sie auch bei extrem tiefen Temperaturen gute Resultate liefern.



*Die klimatischen und elektrischen Daten der CIS-Anlage in St. Moritz werden von TISO gemessen und ausgewertet.*

## 20 Jahre – die Idee ist etabliert

Vor 20 Jahren begannen die Untersuchungen an einer neu installierten 10-kW-Anlage mit monokristallinen Solarzellen – die erste netzgekoppelte Photovoltaik-Anlage in Europa. Die Forschungsarbeiten von TISO unter der Leitung von Mario Camani waren gestartet. Gleichzeitig begann auch die Zusammenarbeit mit dem Joint Research Centre (JRC) in Ispra (Italien). Ab 1985 unterstützt das BFE die Forschungstätigkeit für Langzeit-Untersuchungen.

1990 wurde das Testzentrum für PV-Module gegründet; zunächst wurden Testabläufe definiert und Messsysteme entwickelt. Drei Jahre später konnten die Testeinrichtungen erweitert werden, um mehr Module gleichzeitig zu prüfen. Ein Jahr danach begann die erste Testreihe mit acht Modulen. 1996 waren bereits 18 Typen getestet.

Die vergangenen Jahre waren gekennzeichnet durch eine erfolgreiche Etablierung von TISO im Laboratorium für Energie, Ökologie und Ökonomie (LEEE) als Teil der SUPSI sowie durch eine Ausweitung der internationalen Zusammenarbeit.

[www.leeedct.supsi.ch](http://www.leeedct.supsi.ch)

liche Ausfallszeit eruieren. Dabei konnte bisher gezeigt werden, dass diese Module in ihrer gesamten Nutzungszeit nur ca. 10 % an Leistungsfähigkeit eingebüsst haben, dies sogar trotz gewissen, durch visuelle Kontrollen erkennbaren mechanischen Defekten. Dies deutet auf eine erheblich längere als bisher angenommene Lebensdauer von Modulen, so dass die Amortisierungszeit wesentlich länger sein kann.



*Das MTBF-Projekt hat anhand der seit 20 Jahren im Einsatz stehenden Anlage ergeben, dass die Lebensdauer der Photovoltaik-Module wesentlich länger sein wird als bisher angenommen.*

TISO führt auch Messreihen an zwei externen Photovoltaik-Anlagen durch. Die AET-III-Installation befindet sich in der Nähe des Lago Maggiore und weist eine Leistung von 100 kW<sub>p</sub> auf. Nach einer wegen Überschwemmung notwendig gewordenen und vom TISO durchgeführten Renovation mit Erneuerung von Verdrahtungen und Wechselrichtern hat man Ende 2001 eine 3-Jahres-Messreihe begonnen. Die andere externe Messung betrifft die CIS-Anlage in St. Moritz (vgl. Kasten).

## Photovoltaik-Tagung 2002

Die Photovoltaik-Tagung 2002 findet am 16./17. Mai in Lugano-Canobbio, beim Photovoltaik-Forschungszentrum TISO statt. 20 Jahre Photovoltaik in der Schweiz – Grund genug für einen Rückblick, einen Einblick in die derzeitige Situation und einen Ausblick in die Zukunft. Die folgenden Schwerpunkte werden von Experten beleuchtet:

- Aktuelle Entwicklung der Solarstrommärkte
- Das Neueste aus Forschung und Technik
- Chancen für die Industrie.

Eine Besichtigung des TISO sowie eine Poster- und Produktpräsentation werden das Informationsangebot der Tagung abrunden.

Information und Anmeldung:  
[www.vse.ch](http://www.vse.ch)  
und  
[www.photovoltai.ch](http://www.photovoltai.ch)



Für Standardprüfungen einzelner Module wird der Impuls-Solar-Simulator eingesetzt.

Das Team des TISO  
(v.l.n.r.): Enrico Burà, Nerio Cereghetti, Domenico Chianese, Gabi Friesen, Antonella Realini und Sandro Rezzonico.



# Wesentlich besser integriert

Neueste Beispiele der Gebäude-Integration von Photovoltaik-Modulen zeigen markante Fortschritte

Das Umsetzungspotenzial für zukunftsweisende Gebäude-Integrationen ist gross. Die Solarstrom-Produktion in bebautem Raum weist Vorteile auf: Landressourcen werden geschont und konventionelle Bauelemente teilweise ersetzt. Deshalb gilt der Förderung der damit verbundenen Entwicklungsprozesse die besondere Aufmerksamkeit. Denn in enger Zusammenarbeit von Architekten, Industrie und Handwerk können neue materialtechnische und konstruktive Möglichkeiten erfasst und realisiert werden, wie die beiden vom BFE geförderten Systeme Solrif und AluTec belegen.

## Sunny Woods – eine sonnige Geschichte

Es begann mit der Solar-Armbanduhr von Beat Kämpfen, dem Architekten von Sunny Woods in Zürich-Höngg. Für ihn war die eigene Energieversorgung eines Mehrfamilienhauses mit Photovoltaik ein erstrebenswertes Ziel.

Die solare Einstrahlung sollte soviel Wärme und Strom erzeugen, dass ein Nullenergiekonzept realisiert werden kann.

Der viergeschossige Holzbau ist nach Passivhaus-Standard ausgelegt, bietet ein Höchstmass an Wärmedämmung und weist eine kontrollierte Luftheizung auf. Lage und Form des Grundstückes erlauben sowohl die aktive als auch passive Nutzung



*Auf der südlichen Dachhälfte des Hauses der Familie Erni in Unterschönenbuch wurde eine Solaranlage mit 11,7 kW<sub>p</sub> installiert. Die mit dem Solrif-System gerahmten Module sind überlappend montiert.*

der Sonnenenergie. Der Bodenbelag aus schwarzem Schiefer in den bestrahlten Räumen dient beispielsweise als Wärmespeicher. In der Südfassade sind für jede Wohnung drei Vakuum-Röhrenkollektoren (6,5 m<sup>2</sup>) integriert, die zur Warmwasserbereitung dienen. Gleichzeitig bilden sie das Geländer der Balkone.

Auf dem Dach produziert eine Photovoltaik-Anlage diejenige Strommenge, welche für den Betrieb der Wärmepumpe, Ventilatoren und Umwälzpumpe benötigt werden. Die gesamte Modulfläche ist in sechs autonome Anlagen mit je einer Leistung von 2,7 kW<sub>p</sub> aufgeteilt. Mit dieser netzgekoppelten Installation können rund 15'000 kWh Solarstrom erzeugt werden.

Zwei wesentliche Faktoren haben zur BFE-Unterstützung als Pilot- und Demonstrations-Projekt geführt: die in der Schweiz

## Gebäude-Integration in der Schweiz

Im städtischen Raum bieten Photovoltaik-Dach- und Fassadenanlagen geeignete Möglichkeiten zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien. Die begrenzten Landressourcen haben in der Schweiz schon früh eine intensive Entwicklung der Gebäudeintegration begünstigt. Nach über zehn Jahren liegen nun für verschiedene Anwendungen (Schräg- und Flachdach, Fassaden, Schallschutzelemente usw.) interessante Integrationslösungen vor. Erfreulich ist, dass heute auch vermehrt architektonische Ansprüche eine wichtige Rolle spielen. Die neueste Technik ermöglicht es, Kosten und Ästhetik optimal zu verbinden und dadurch die Akzeptanz generell zu vergrössern.



*Exportmöglichkeiten von BFE unterstützten Entwicklungen: In Holland fand das montagefreundliche AluTec-System Anwendung bei einer Neuüberbauung.*

erstmals in dieser Grösse eingesetzten Dünnschichtzellen sowie die neu entwickelte Montagetechnik auf einem Aluminium-Falzdach. Damit lässt sich trotz minimaler Dachneigung eine vollflächige Anordnung ohne gegenseitige Beschattung erreichen. Die neueste Generation dieser Trippel-Dünnschichtzellen arbeitet auch bei hohen Temperaturen ohne Leistungseinbussen, sie können daher in geringem Abstand vom Metalldach montiert werden. Dank selbst fixierender Tragklammern

lassen sich Bohrungen vermeiden. Module und Dachkonstruktion sind masslich genau aufeinander abgestimmt.

Sunny Woods hat auf die Herausforderung, neue Elemente in eine ganzheitliche Architektur zu integrieren, eine sinnvolle Antwort gegeben.

Informationen:  
Beat Kämpfen,  
CH-8049 Zürich



*Sunny Woods vereint verschiedene Wärmedämmsysteme mit aktiver und passiver Solarenergienutzung. Die auf dem Dach vollflächig montierte Photovoltaik-Anlage mit  $6 \times 2,7 \text{ kW}_p$  Leistung ermöglicht eine ausgeglichene Energiebilanz des Hauses.*



## In Wettingen hat eine neue Ära begonnen

Nach nur drei Wochen Bauzeit konnte die Solaranlage des Geschäftshauses der Stöckli, Kienast & Koeppel, Landschaftsarchitekten AG in Wettingen ans Netz des Aargauischen Elektrizitätswerkes AEW angeschlossen werden. Es handelt sich dabei um die erste Anlage in der grössten Gemeinde des Kantons Aargau. Die  $100 \text{ m}^2$  grosse südliche Dachhälfte des 1965 erstellten Gebäudes ist vollflächig mit 150 Solarmodulen bedeckt, die mit dem Solrif-System montiert sind. Die installierte Leistung beträgt  $12,75 \text{ kW}_p$ , die erwartete Jahresproduktion über 10 MWh. Jeweils 30 Module sind einem der fünf Wechselrichter zugeordnet.

Informationen:  
Hans-Dietmar Koeppel,  
CH-5210 Windisch



*Integration eines Solarhauses in das Ortsbild von Wettingen. Die  $100 \text{ m}^2$  grosse Anlage liefert jährlich über 10 MWh Solarstrom für die Landschaftsarchitekten AG und fürs Netz der AEW.*

## Strom vom Stadiondach

Seit dem Herbst 2001 liefert die Photovoltaik-Anlage auf dem Dach des St. Jakob-Parks in Basel Strom. Rund 130'000 kWh werden jährlich produziert und ans Netz abgegeben. Realisieren konnte man dieses Projekt nur, weil hier die Rahmenbedingungen mit einer langfristigen, kostendeckenden Abnahmevergütung gegeben sind. Auf einer Fläche von  $1'200 \text{ m}^2$  wurden 1258 Module in das montagefreundliche AluTec-System eingesetzt.



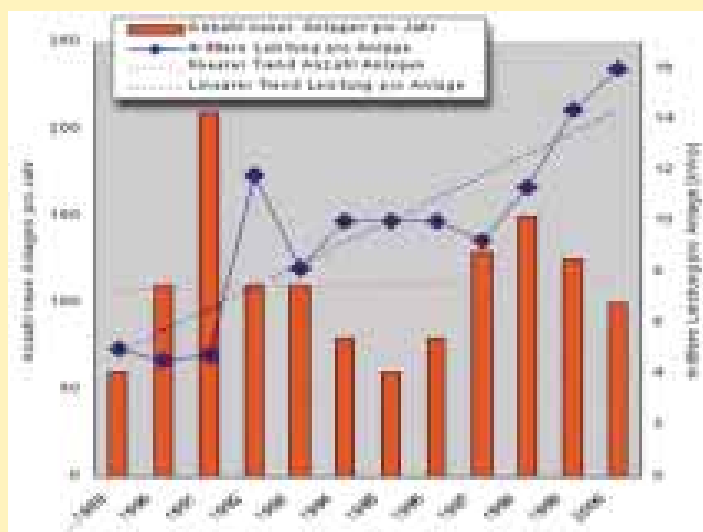
*Oben photovoltaische Stromproduktion, unten Fussballspiel – eine Kombination mit Zukunftsaussichten. (Foto: ADEV, Liestal)*

## Ein Auf und Ab

VSE-Studie gibt einen statistischen Überblick über die Solarstrom-Situation

In den letzten Jahren wurden in der Schweiz jeweils Solarstromanlagen mit rund 1,6 MW<sub>p</sub> Nennleistung installiert. Ende 2000 konnten über 1300 Anlagen mit einer Gesamtleistung von ca. 13 MW<sub>p</sub> Solarstrom von mehr als 9700 MWh ins öffentliche Netz einspeisen. Der gesamte Stromverbrauch der Schweiz lag im Jahr 2000 jedoch bei über 52 Mio. MWh. Dies geht aus der Solarstromstatistik 2000 des VSE hervor, die mit Unterstützung des BFE erstellt wurde.

man festhalten, dass die Schweiz ihren Spitzenplatz bei der installierten Leistung pro Einwohner an Deutschland abgeben musste, was durch das dortige nationale Förderprogramm begründet wird. In der Schweiz haben sich durch regional unterschiedliche Fördermassnahmen extreme Differenzen bei der installierten Photovoltaik-Leistung pro Einwohner ergeben: An der Spitze liegt dabei die Nordwestschweiz, am Schluss die Westschweiz.



Zwischen 1989 und 2000 wurden durchschnittlich 100 Anlagen pro Jahr erstellt. In den letzten drei Jahren baute man weniger, jedoch grössere Anlagen. (Grafik: VSE / energiebüro Zürich)

Studie: Solarstromstatistik 2000  
Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen VSE  
[www.strom.ch](http://www.strom.ch)

### Gebremstes Wachstum in der Schweiz

Deutlich erkennbar ist der Trend zu grösseren Anlagen. 1991 wurden 210 Anlagen mit einer durchschnittlichen Leistung von ca. 4 kW installiert; im Jahr 2000 waren es 100 Anlagen mit rund 16 kW. Zu den Grössten jenes Jahres zählten die Messehalle Basel (237 kW<sub>p</sub>) und die ETH Zürich Höggerberg (130 kW<sub>p</sub>).

Der positive Wachstumstrend zwischen 1995 und 1999 konnte im Jahr 2000 jedoch nicht fortgesetzt werden. Gleichzeitig kann

### Zuverlässige Wechselrichter

Für den Ertrag von Solarstromanlagen spielt neben dem Wirkungsgrad der Module und ihrer Sonnenorientierung vor allem die Verfügbarkeit der Wechselrichter eine entscheidende Rolle. Diese erreichten einen Wert von 98 %, was auf eine hohe Qualität der eingesetzten Geräte schliessen lässt.

## Trends beim Photovoltaik-Einsatz

Der 2001-Bericht des Photovoltaic Power Systems Programme (PVPS) der IEA gibt einen übersichtlichen Einblick in die Anwendungstendenzen zwischen 1992 und 2000 in den zwanzig Mitgliedstaaten. Insgesamt war bis zu diesem Zeitpunkt eine Photovoltaik-Leistung von 712 MW<sub>p</sub> installiert, dies als Resultat von jährlichen Wachstumsraten von 20–30 %. Dabei hat sich der Anteil der netzgekoppelten Anlagen massiv erhöht. Nicht zuletzt dank Förderprogrammen einzelner Staaten. Der PVPS-Bericht zeigt die unterschiedlichen Gegebenheiten und Aussichten in den verschiedenen Ländern auf und bildet die Grundlage einer globalen Betrachtung des mittelfristigen Potenzials der Photovoltaik.

Download unter: [www.iea-pvps.org](http://www.iea-pvps.org), Stichwort „Project results“



# Informieren und fördern

Für die Wasserkraftnutzung mit Kleinanlagen steht eine Vielzahl an Informationsbroschüren zur Verfügung

## Hanspeter

### Leutwiler

BFE-Programmleiter  
Kleinwasser-  
kraftwerke  
c/o Postfach  
CH-8910  
Affoltern am Albis

## Martin

### Rüegsegger

BFE-Bereichsleiter  
Kleinwasser-  
kraftwerke

Information und Beratung bilden Schwerpunkte des BFE-Programms Kleinwasserkraftwerke. Diese Dienstleistungen sind auf der aktualisierten Internet-Seite des Programms beschrieben. Zur weiterführenden Information dienen die beiden bewährten Publikationsreihen: Die Broschüren DIANE-Kleinwasserkraftwerke (*Durchbruch Innovativer Anwendungen Neuer Energietechnik 1992–1997*) sind mit wenigen Ausnahmen noch alle erhältlich; die vergriffenen PACER-Broschüren (*Programme d'Action d'Énergie Renouvelables 1990–1995*) können als PDF-Dateien vom Internet heruntergeladen werden. Mit verschiedenen Broschüren werden die vielfältigen Aspekte der Wasserkraftnutzung erläutert und anhand von Beispielen die Energiepotenziale erklärt. Hier wird aufgezeigt, wie mit gezielten Neubauten und Modernisierungen bestehender Anlagen ein wichtiger Beitrag zur Vielfalt erneuerbarer Energien geleistet werden kann.

Drei ausgewählte Publikationen vermitteln Einblick in die Anwendung technischer Mittel zur Wasserenergienutzung:

- **Handbuch 1997 Kleinwasserkraftwerke**

bietet Informationen für Planung, Bau und Betrieb. Es werden Fördermassnahmen aufgezeigt, Verfahrenshinweise gegeben und Finanzierungsfragen besprochen. Es umfasst Adress- und Literaturangaben.

Bestellung: Nr. 805.633

- **Gesamtschau Kleinwasserkraftwerke**

Die ökonomischen und ökologischen Aspekte sind bei der Erneuerung bestehender Anlagen von grösstem Interesse. Anhand dieser Gesamtschau mit illustrierten Beispielen wird das Spannungsfeld von Umwelt, Energie und Wirtschaft

aufgezeigt und praxisnah auf Lösungswege hingewiesen.

Bestellung: Nr. 805.634



- **Trinkwasserkraftwerke**

Als technische Anlagendokumentation gibt diese Broschüre einen Überblick über eine besonders interessante Nutzungsmöglichkeit von Wasserkraft. Das Potenzial der Schweiz ist mit schätzungsweise weit über 350 realisierbaren Anlagen beachtlich. Die Energie befindet sich dabei in den Zuläufen aus dem Quellbereich und anderen Druckstufen von Trinkwasser-Versorgungssystemen. Acht Beispiele werden detailliert beschrieben.

Bestellung: Nr. 805.632

Bestellung der Broschüren:  
**BBL/Vertrieb Publikationen**  
CH-3003 Bern  
[www.bundespublikationen.ch](http://www.bundespublikationen.ch)

## Internet-Links

Informationen zur Wasserkraftnutzung mit Kleinanlagen  
[www.smallhydro.ch](http://www.smallhydro.ch)

Der Interessenverband Schweizerischer Kleinkraftwerk-Besitzer ISKB  
[www.iskb.ch](http://www.iskb.ch)

Das Forschungslaboratorium für Kleinwasserkraftwerke MHyLab  
[www.ambios.ch/mhylab](http://www.ambios.ch/mhylab)

# Industrielle Abwärme nutzen

Grosse Wärmepumpen werden zur Abwärmenutzung sowie zur Wärme-/Kälteproduktion eingesetzt

**Peter Bailer**  
Axima  
Refrigeration AG  
CH-8401  
Winterthur

**Fabrice Rognon**  
BFE-Bereichsleiter  
für Umgebungswärme, Wärme-Kraft-Kopplung und Kälte

Die gezielte Integration von Wärmepumpen in industriellen Prozessen vermag vorhandene Abwärme sinnvoll zu nutzen und dadurch einen höheren Gesamtnutzungsgrad zu realisieren. Diese Tatsache wird auch bei einer Kehrrichtverbrennungsanlage im nordschwedischen Umea sowie im südschwedischen Malmö bestätigt.

## Kehrrichtverbrennungsanlage mit höherem Gesamtwirkungsgrad

Bei der neuen KVA wird die im Brennraum erzeugte Wärme zunächst über eine Dampfturbine mit Generator und anschliessend zu einem Wärmetauscher, der am Fernwärmenetz angeschlossen ist, geleitet. Die Anlage ist für eine jährliche Abfallmenge von 175'000 t ausgelegt.



Werkmontage der Wärmepumpe für den Einsatz in einer nordschwedischen Kehrrichtverbrennungsanlage. (Foto: Axima Refrigeration GmbH Lindau)

Der Rauchgasreinigung, welche mit Staubfilter, Säure- und SO<sub>2</sub>-Wäscher ausgestattet ist, wird Wasser zugeführt. Im nachgeschalteten Rauchgaskühler kann vorhandene Wärme genutzt werden, um in den beiden Gross-Wärmepumpen

Unitop von Axima Refrigeration AG mit einer Wärmeleistung von 13,7 MW den Sekundärkreislauf von 60 °C auf ein Temperaturniveau von 75 °C zu erhöhen. Über den angeschlossenen Wärmetauscher lässt sich nun der Rücklauf der städtischen Fernwärme von 60 auf 70 °C vorwärmen. Die beiden Wärmepumpen sind auf der Verdampfer- und Kondensatorseite in Serie geschaltet, die Unterkühler jedoch parallel, um eine optimale Kältemittelunterkühlung zu er-

reichen. Der Wirkungsgrad des gesamten KVA-Systems hat sich damit von 94 % auf 107 % erhöht, also eine Steigerung der produzierten Fernwärme um rund 10 MW.

## Neben Wärme heute oft auch Kälte

Heute steht oft auch die Erzeugung von Kälte im Mittelpunkt eines Einsatzes grösserer Wärmepumpen-Systeme. Dabei handelt es sich einerseits um reine Kälteanlagen, andererseits um kombinierte, dem jahreszeitlichen Bedarf entsprechenden Kälte-Wärme-Installationen.

## Gross-Wärmepumpen im Einsatz

Wie sieht das schweizerische und internationale Marktumfeld für grosse Wärmepumpen aus? Wo stellen sich technische und wirtschaftliche Probleme? Welche Lösungen gibt es dazu? Solchen Fragen geht die diesjährige Wärmepumpen-Tagung des Bundesamts für Energie am 11. Juni 2002 in Burgdorf nach.

Mit zahlreichen Beispielen werden Einsatzmöglichkeiten aufgezeigt und Betriebserfahrungen erläutert. Dabei kommen auch die Raumplanung, der Anschluss an Fernwärmenetze, Sanierungsfallstudien sowie organisatorische Aspekte zur Sprache.

Informationen:  
[www.waermepumpe.ch/fe](http://www.waermepumpe.ch/fe)

Das Programm mit Anmeldeformular befindet sich in der Mitte dieser ENET-NEWS-Ausgabe.



# Minergie-P in Diskussion

Weiterentwicklung des Gebäudestandards für noch mehr Energieeffizienz

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

**Andreas Eckmanns**  
BFE-Bereichsleiter  
Gebäude

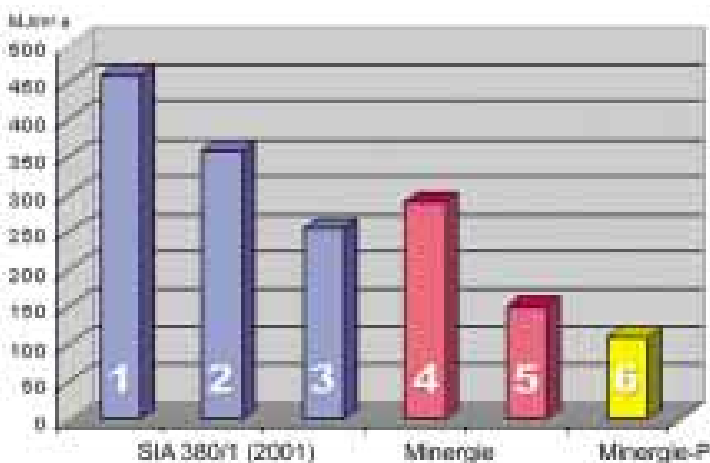
An der kommenden Generalversammlung des Vereins Minergie vom 27. Mai 2002 wird über die Weiterentwicklung des Minergie-Standards entschieden. Dieser Standard hat in der Schweiz Fuss gefasst und erfreulich Verbreitung gefunden. Daneben hat sich der Passivhaus-Standard aus Deutschland kommend als weiteres Konzept für energieeffizientes Bauen, das über die Anforderungen des Minergie-Hauses hinausgeht, etabliert. Beide Standards haben jedoch das gleiche Ziel: komfortable und wirtschaftliche Bauten mit sehr niedrigem Energieverbrauch. Gleichzeitig entstand eine Verunsicherung bei Planern und

Bauherren, da sich die beiden Standards zu konkurrenzieren schienen, was dem gemeinsamen Anliegen nicht dienlich ist.

## Standard-Vergleich und Erfahrungswerte

Im Rahmen eines Forschungsprojektes des BFE hat eine Gruppe des Zentrums für Energie und Nachhaltigkeit im Bauwesen (ZEN) einen systematischen Vergleich der beiden Standards erarbeitet. Dieser ging auf die Unterschiede ihres Anforderungsniveaus, auf die Nachweis- und Berechnungsweise sowie auf Anwendungsgebiete und Umsetzung ein.

Unter dem Namen „Minergie-P“ erprobt der Verein Minergie derzeit die Einführung



Bei Wohnbauten besteht ein hohes Potenzial an Energieeffizienz, wie es die Energiekennzahlen für Heizung und Warmwasser erkennen lassen.

- 1 Umbau Mehrfamilienhaus MFH
- 2 Grenzwert Neubau eines MFH
- 3 Zielwert Neubau eines MFH
- 4 Minergie-Sanierung
- 5 Minergie-Neubau
- 6 Standard nach Minergie-P

## Internet-Links

Zentrum für Energie und Nachhaltigkeit im Bauwesen  
[www.empa.ch/zen](http://www.empa.ch/zen)

Minergie – mehr Lebensqualität, tiefer Energieverbrauch  
[www.minergie.ch](http://www.minergie.ch)

Passivhaus – weitergehende Informationen  
[www.passivhaus-info.de](http://www.passivhaus-info.de)

## Status-Seminar 2002: Energie- und Umweltforschung im Bauwesen

Am 12./13. September 2002 findet an der ETH-Zürich das 12. Schweizerische Status-Seminar 2002 statt. Diese bedeutende Tagung stellt die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten auf dem Gebiet „Energie und Umwelt im Hochbau“ vor und macht die Resultate zugänglich. Schwerpunkte des Programms:

- nachhaltige Gebäudekonzepte und ökologisches Bauen
- Hochisolationstechnologien
- effiziente Haustechniksysteme für Niedrigenergiehäuser
- Lüftungen und Luftheizungen
- passive Raumkühlung
- moderne Planungswerkzeuge usw.

Ergänzt werden die theoretischen Ausführungen der Experten durch Präsentationen aktueller Pilot- und Demonstrations-Gebäude, u.a. auch Wohnhäuser mit Passivhaus-Standard.

Informationen:  
Zentrum für Energie und Nachhaltigkeit im Bauwesen (ZEN)  
[www.empa.ch/zen](http://www.empa.ch/zen)

## EnergieSchweiz und Minergie

Aufgrund der Tatsache, dass über 50 % des Verbrauchs an fossilen Energien in Gebäuden erfolgt, hat dieser Sektor beim BFE und bei den Kantonen seit langem hohe Priorität und bildet auch im Aktionsprogramm EnergieSchweiz einen wesentlichen Bestandteil. Das Programm verfolgt die Energie- und Klimaziele des Bundes, die durch eine Senkung des Verbrauchs von Brennstoffen um 15 % erreicht werden sollen. Dies kann nur durch eine breite Anwendung guter Gebäudestandards wie Minergie und Minergie-P (was dem Passivhaus-Standard entspricht) realisiert werden. Minergie wirkt gesamtschweizerisch; über 1200 Minergie-Gebäude sind inzwischen zertifiziert und bestätigen den Weg zum energieeffizienten Bauen und Sanieren.

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



*Der Minergie-Standard erfährt im Rahmen von EnergieSchweiz durch eine aktive Förderung aller Kantone eine starke Verbreitung.*

des Passivhaus-Standards unter Anwendung der Minergie-Berechnungsmethode.

Die derzeitige Pilotphase dient dazu, praktische Erfahrungen zu sammeln und diese systematisch auszuwerten, um dadurch Entscheidungsgrundlagen zu erhalten. Der Standard Minergie-P stellt hohe Anforderungen an das Komfortangebot, die Wirtschaftlichkeit sowie an die Ästhetik und entspricht damit dem Passivhaus-Standard. Vier Grenzwerte wurden bestimmt:

- Heizenergiebedarf  
 $Q_h \leq 20\%$  des SIA-Grenzwertes  $H_g$  nach Norm SIA 380/1 (2001)
- Spezifischer Heizleistungsbedarf  
 $q_{h,max} \leq 10 \text{ W/m}^2 \text{ EBF}$  als Mittelwert über das gesamte Gebäude
- Energiekennzahl Wärme für Ein- und Mehrfamilienhäuser  
 $E_{gew.} \leq 30 \text{ kWh/m}^2 \text{a}$   
für Dienstleistungsbauten  
 $E_{gew.} \leq 25 \text{ kWh/m}^2 \text{a}$
- Luftdichtigkeit der Gebäudehülle  
 $n_{L,50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$

## Passivhaus-Standard als Quantensprung

An der 6. europäischen Passivhaustagung, die im Rahmen der Swissbau Ende Januar 2002 in Basel stattfand, konnten sich über 500 Teilnehmerinnen und Teilnehmer über die neuesten Entwicklungen im Gebäudebereich informieren. Das BFE zählte zu den unterstützenden Organisationen. Hans-Luzius Schmid, Leiter von EnergieSchweiz, betonte bei seiner Einleitung die zentrale Bedeutung der Energieeinsparung bei Gebäuden, um die gesteckten Ziele der Energiepolitik erreichen zu können.

Andreas Eckmanns, BFE-Bereichsleiter Gebäude, und Mark Zimmermann, Programmleiter des BFE-Forschungsprogramms „Rationelle Energienutzung in Gebäuden“, erläutern die Auswirkungen der Gebäude-Standards auf die Energieforschung in der Schweiz:

**ENET-NEWS: Welche Bedeutung hat der Passivhaus-Standard und die Vielzahl an entsprechend erstellten Gebäuden?**

**Mark Zimmermann:** Dieser in Deutschland und Österreich bereits stark verbreitete Standard bietet einen in Europa zunehmend akzeptierten Qualitätsbegriff für Energieeffizienz im Gebäudebereich, der auch für die Forschung eine klare Ausrichtung vorgibt und eine treibende Kraft darstellt.

**Andreas Eckmanns:** Der Passivhaus-Standard geht noch einen Schritt weiter als Minergie, folgt dabei aber einem gänzlich anderen Ansatz: Per Definition soll im Passivhaus ein konventionelles Heizsystem überflüssig werden. Eine entsprechend gut gedämmte und luftdichte Gebäudehülle ermöglicht, die geringe noch benötigte Heizwärme, z.B. in Form von temperierter Luft, über das Wohnungslüftungssystem zuzuführen.

*Andreas Eckmanns (links) und Mark Zimmermann unterstützen gezielte Forschungsprojekte zur verbesserten Energieeffizienz im Gebäudebereich.*



## Breiten- und Tiefenwirkung

Der bekannte Minergie-Standard kann weiterhin auf eine Breitenwirkung hinarbeiten, während der neu formulierte Minergie-P-Standard als innovatives Konzept für anspruchsvolle Bauten mit noch tieferem Energieverbrauch zur Anwendung kommen könnte.



*Der Passivhaus-Standard setzt neue Massstäbe für die Energieforschung, indem er nicht bloss die Energieeffizienz verbessert, sondern auch auf die Vereinfachung der Technik abzielt.*

## Passivhaus-Standard geht tiefer

Der Passivhaus-Standard reduziert den Heizwärmebedarf auf weniger als 10 kWh/m<sup>2</sup> Energiebezugsfläche EBF. Dadurch kann auf eine Zentralheizung verzichtet werden. Die meisten Häuser werden – bei bestem Komfort – direkt über die Lüftung beheizt. Über 1000 Wohnungen und Einfamilienhäuser wurden in Deutschland, Österreich und der Schweiz bereits realisiert. Sie erfüllen die hohen Anforderungen des Passivhaus-Standards:

- max. 10 W/m<sup>2</sup> Heizleistung
- max. 10 kWh Heizenergiebedarf pro m<sup>2</sup> EBF (berechnet nach SIA 380/1)
- max. 120 kWh Primärenergieverbrauch pro m<sup>2</sup> EBF
- Luftdichtigkeit der Gebäudehülle  
 $n_{L50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$

## Welche Auswirkungen haben diese beiden Standards für das Forschungsprogramm des BFE?

**Andreas Eckmanns:** Verschiedene vom BFE finanzierte Studien haben gezeigt, dass zur Erreichung der CO<sub>2</sub>-Ziele im Gebäudebereich flächendeckend gute Standards wie Minergie eingesetzt werden müssen. Dies ist grundsätzlich die Aufgabe der Kantone. Das Forschungsprogramm des BFE liefert die technischen Grundlagen und Tools zur längerfristigen Realisierung von weitergehenden Standards wie Passivhaus.

**Mark Zimmermann:** Der Passivhaus-Standard setzt neue Massstäbe für die Energieforschung, indem er nicht bloss die Energieeffizienz verbessert, sondern auch auf die Vereinfachung der Technik abzielt. Die konventionelle Heizung steht nicht mehr im Vordergrund, da sie gar nicht mehr benötigt wird. Stattdessen sind kompakte Energiezentralen gefragt, die lüften, heizen, Wärme aus der Abluft zurück gewinnen und das Warmwasser bereitstellen. Wichtig sind auch Hochleistungs-Wärmedämmsysteme (z.B. Vakuum-Isolationsplatten) für den Sanierungsbereich, aber auch Themen wie Luftdichtheit und Luftmengenregelung. Hier braucht es vor allem Pilot- und Demonstrations-Projekte, um die entsprechenden Erfahrungen zu gewinnen. Mitte 2002 starten wir einen Wettbewerb für Teams, die sich mit einer Gebäudesanierung im Passivhaus-Standard befassen.

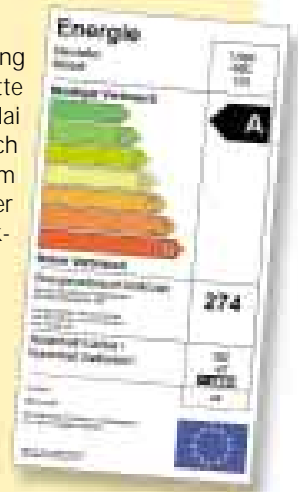
Informationen unter [www.empa.ch/ren](http://www.empa.ch/ren)

## Elektrizität

### energieEtikette – in Zukunft Stromeffizienz

Die SES-Fachtagung will die energieEtikette bei zentralen Akteuren, wie Hauseigentümer, Planer, Handel usw., besser bekannt machen und das erreichbare Einsparpotenzial an Strom aufzeigen. Denn im Bereich der elektrischen Haushaltgeräte und der Beleuchtung kann Energieeffizienz erreicht werden, die mit der ab 1. Januar 2002 obligatorischen energieEtikette auch für Konsumenten erkennbar geworden ist.

Die SES-Fachtagung zur energieEtikette findet am 24. Mai 2002 im ewz Zürich statt, u.a. mit einem Referat von Walter Steinmann, Direktor des BFE.



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

# Vorsorge gegen das Unwahrscheinliche

## Neue Quellterm-Studie ermittelt Unfallkonsequenzen für drei Referenzfälle

**J. Peter**

**Hosemann**

Delegierter für  
Sicherheitsforschung  
Paul Scherrer  
Institut  
CH-5232 Villigen

**Wolfgang Kröger**

Programmleiter  
Nukleare Sicherheit  
und Entsorgung  
Paul Scherrer  
Institut  
CH-5232 Villigen

**Christophe  
de Reyff**

BFE-Bereichsleiter  
Kernenergie

Im August 2001 wurde der PSI-Bericht über Quellterm-Analysen für das Kernkraftwerk Gösgen publiziert. Der Begriff Quellterm beschreibt die durch einen Unfall verursachte Freisetzung von radioaktiven Stoffen in die Umgebung eines Kernkraftwerks. Dabei wird ein Versagen massgebender Sicherheitseinrichtungen postuliert. Für die Analysen wurden technische Ursachen als Ausgangspunkt von Simulationsberechnungen angenommen. Die Studie untersucht denkbare Abläufe und Phänomene innerhalb des Reaktors, des Sicherheitsbehälters und der ganzen Anlage samt möglicher Freisetzung von radioaktiven Stoffen.

Mit geeigneten Rechenmodellen wurden in chronologischer Abfolge alle physikalischen, mechanischen und chemischen Abläufe eines Unfalls mit Kernzerstörung analysiert. Dieses Szenarium träte mit entsprechend extrem geringer Wahrscheinlichkeit ein, falls das auslösende Ereignis einen Kühlmittelverlust zur Folge hätte und die gestaffelten Sicherheitsbarrieren versagen würden. Dabei nutzte man die anlagenspezifischen Kennwerte des KKW Gösgen mit einer thermischen Leistung von 3002 MW. Die Berechnungsgrundlagen umfassten sowohl Dimensionen und Ausstattung des gesamten Werks als auch die typische Beladung des Reaktors mit Uran- und MOX-Brennelementen.

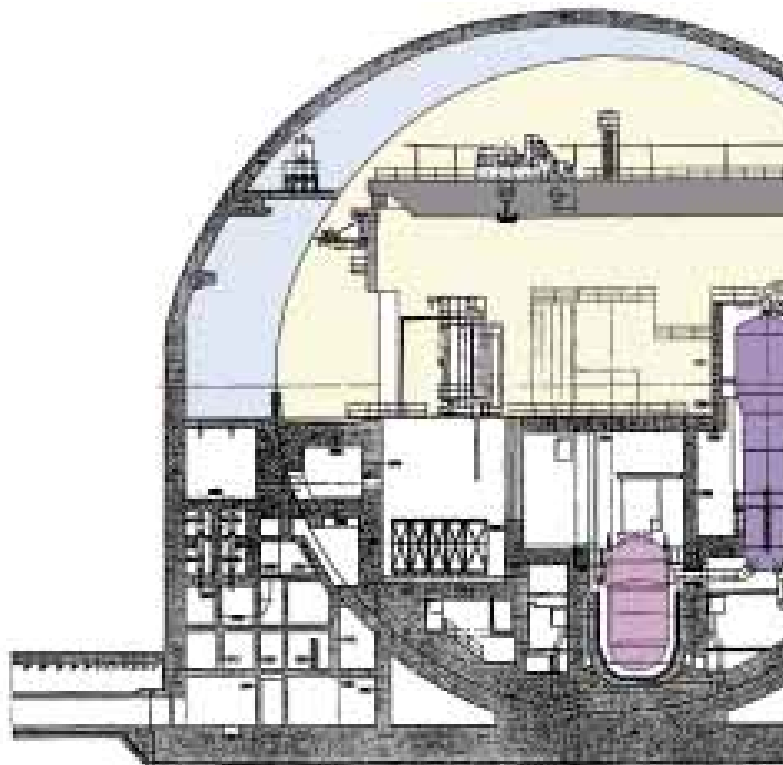
### Drei angenommene Unfallursachen als Ausgangspunkte

Die mögliche Freisetzung von radioaktivem Stoffen wird in der Quellterm-Studie für jeden unterstellten Unfallablauf in Abhängigkeit von Zeit und Emissionsort ermittelt. Dabei wurden drei Fälle betrachtet, die sich durch die Unfallursache und den weiteren Verlauf unterscheiden. Bei allen Szenarien wurde unterstellt, dass die vorhandenen Möglichkeiten für eine sekundärseitige Nachwärmeabfuhr nicht zur Verfügung stehen oder im Laufe des Unfalls ausfallen. Dies bedeutet z.B., dass der

gleichzeitige Ausfall von acht Pumpen unterstellt wird, die für die Beherrschung derartiger Störfälle vorgesehen sind, und dass speziell vorbereitete Notfallmassnahmen einfach unterlassen werden.

Als erstes wurde ein Leck von 50 mm Durchmesser im kalten Strang des Hauptkühlmittelkreislaufs angenommen. Bei diesem „Niederdruck“-Referenzfall steigt sogleich der Druck im Sicherheitsbehälter an, wodurch eine Reaktorschnellabschaltung ausgelöst wird. Die Hauptkühlmittel-pumpen werden abgeschaltet und die Hochdruck-Sicherheitseinspeisepumpen eingeschaltet. Nach rund 11 Stunden ist der Wasserspiegel durch Ausdampfen unter die Kernoberkante gesunken. Durch die einsetzende Zirkonoxidation werden Wasserstoff und zusätzliche Wärme erzeugt; die Kernzerstörung würde beginnen.

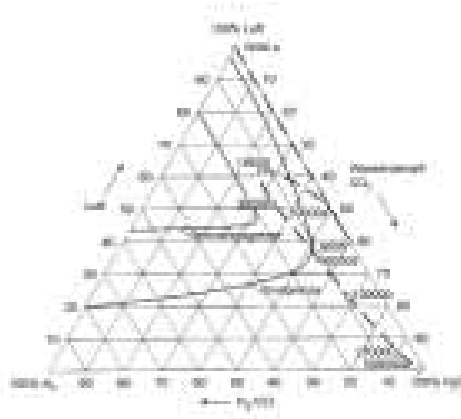
Beim zweiten Szenarium – dem Mittel-druck-Fall – ging man von einem kleineren



Leck aus, ohne Absenkung des Frischdampfdrucks im Sekundärkreislauf. Drei Minuten nach dem Schadensereignis erfolgt die Hochdruckeinspeisung aus den Flutbehältern. Nachdem 708 t Wasser in das Primärsystem eingespiesen sind, setzt die Ausdampfung des Reaktordruckbehälters ein, dann würde das Aufheizen des Kerns und schlussendlich seine Zerstörung beginnen. Rund vier Tage danach würde der erhöhte Druck im Sicherheitsbehälter zu einer gefilterten Druckentlastung in die Umgebung führen.

Einleitendes Ereignis für das dritte Szenarium, den Hochdruck-Referenzfall, ist eine gleichzeitige Beschädigung der internen und externen Quellen zur Versorgung der Anlage mit Wechselstrom. Zunächst erfolgt eine Schnellabschaltung des Reaktors und der Pumpen. Verschiedene kleine Durchdringungen vom Sicherheitsbehälter in das Hilfsanlagegebäude schliessen entsprechend den Analysenannahmen wegen des Stromausfalls nicht vollständig.

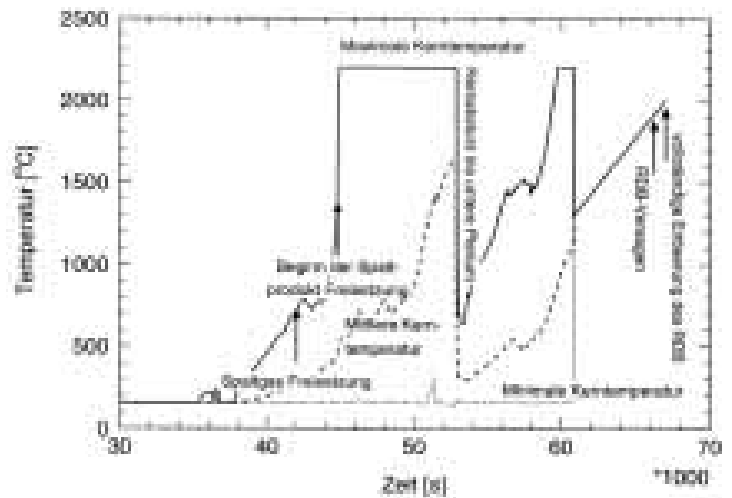
Die Simulation dieses Unfallablaufs stellte extrem hohe Anforderungen an die verfügbaren Methoden und Rechenmodelle. Nach rund zwei Stunden beginnt gemäss den Analysen die Freisetzung von Radioakti-



*Dreistoffdiagramm für den Hochdruck-Referenzfall: Veränderung der Gaszusammensetzung über den zeitlichen Verlauf.*

geführt. In den Umfang der Analysen eingeschlossen waren:

- die Modellierung der Thermohydraulik im Reaktorsystem und die Ermittlung des Inventars möglicher Spaltprodukte,
- die Modellierung der Freisetzung von Spaltprodukten und Aerosolpartikeln,
- die Aerosolerzeugung bei der möglicherweise eintretenden Wechselwirkung von Kernschmelze und Beton.



*Niederdruck-Referenzfall: zeitliche Abhängigkeiten der drei Temperaturverläufe im Kern.*

vität durch die erwähnten Öffnungen im Sicherheitsbehälter. Nach fünf Tagen würde die Fundamentplatte des Reaktorgebäudes von dem geschmolzenen Kern erodiert sein.

Die Charakterisierung von Aerosolpartikeln wurde mit Hilfe des vom PSI entwickelten Rechenprogramms ARES vorgenommen.

Diese Studien vermitteln Einblick in die komplexen Phänomene und teilweise diskontinuierlichen Abläufe bei extrem unwahrscheinlichen Schadensereignissen unterschiedlicher Art. Sie geben konkrete Hinweise auf die Freisetzung radioaktiver Stoffe und leisten damit einen Beitrag zur Risikominimierung. Daraus lassen sich die vorhandenen Sicherheitsdispositive bei Annahme eines äusserst pessimistischen Ablaufs gezielt verbessern.

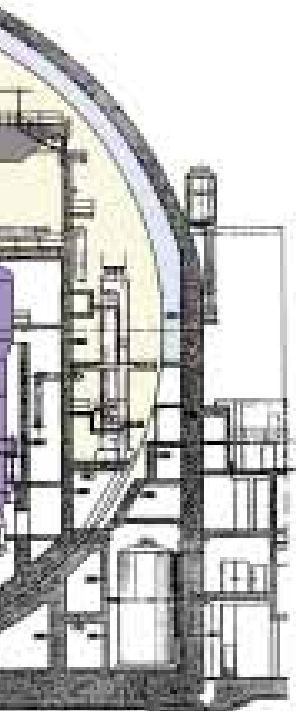
Die mit diesen spezialisierten Analysenprogrammen berechneten Quellterm-Daten zeigen im Vergleich mit den Referenz-Quelltermen der HSK, welche der Notfallplanung zugrunde liegen, durchwegs tiefere Werte, also weniger Emissionen. Dies zeigt, dass die heute geltenden Grundlagen für die Notfallplanung bezüglich des Kernkraftwerks Gösgen deutliche Sicherheitsreserven aufweisen.

**Mehrere Rechenprogramme standen im Einsatz**

Die quantitative Angabe der als Gase oder Aerosolpartikeln freigesetzten Spaltprodukte erfordert verschiedene, miteinander gekoppelte Analysen. Diese Analysen wurden mit verschiedenen, für das zu behandelnde physikalische Phänomen speziell entwickelten Rechenprogrammen durch-

**Gewonnene Detailerkenntnisse erhöhen die Sicherheit**

Mit der Quellterm-Studie für das Kernkraftwerk Gösgen konnten die Abläufe von extrem unwahrscheinlichen schweren Unfällen anlagenspezifisch analysiert werden. Damit wurden relevante Detailerkenntnisse eruiert, die für eine vertiefte Beurteilung der Massnahmen zur Risikominimierung von Bedeutung sind.



*Für die Quelltermstudie nutzte das PSI anlagenspezifische Kennwerte des KKW Gösgen mit einer thermischen Leistung von 3002 MW.*

# Viel Intelligenz auf zwei Rädern

Modernste Elektronik unterstützt die Muskelkraft bei der neuesten E-Bike-Entwicklung

Am 24. November 2001 erreichte das Team „Spirit of Bike“ nach über 3000 km Fahrt quer durch Australien die Stadt Adelaide. 38 Mannschaften aus 15 Ländern waren fünf Tage zuvor in Darwin zur World Solar Challenge gestartet. Das erfolgreiche Rennen mit dem neuartigen E-Bike der HTA Biel bestätigt das Technologiekonzept, das auf intelligente Weise Muskelkraft und Elektronikunterstützung verbindet – daher IntelliBike.

## Fortsetzung einer Erfolgsstory

Unter der technischen Leitung von Andrea Vezzini konnte eine Fortsetzung der berühmt gewordenen Entwicklungsaktivitäten im Bereich Elektroantriebe an der HTA Biel ermöglicht werden: „Bereits anfangs der 90er-Jahre haben wir mit den Solarfahrzeugen Spirit of Biel für grosse Beachtung gesorgt. Mit dem neuen Fahrrad setzen wir diese Geschichte fort, nutzen

moderne technologische Mittel und konzentrieren uns dabei auch vermehrt auf mögliche Anwendungsoptionen im Alltag.“

Beim IntelliBike wird die Muskelkraft des Fahrers mit Unterstützung der integrierten Antriebselektronik und eines neuartigen Radnabenmotors drei- bis sechsfach verstärkt. Die notwendige Energie stammt von einer Hochleistungsbatterie, die ein Mehrfaches an Leistung abgeben kann als konventionelle Batterien.

*IntelliBike auf der Fahrt durch Australien. Der Radnabenmotor funktioniert auf der Basis eines bürstenlosen Gleichstrommotors. Projektleiter Andrea Vezzini bei der Elektronikkontrolle (rechts).*



## Neues Energie-Management-System

Am 27. November 2001 wurde der prominentesten Applikation von autork ltd. in der Kategorie Business/Transport der Innovationspreis 2001 des Wall Street Journal Europe verliehen: Das Electronic Bike besitzt ein CAN-CoSy als Herz des Antriebssystems. Das neu gegründete Spin-off-Unternehmen in Bern hat ein CAN-Bus-System entwickelt, das mit dezentral eingesetzten Mikroprozessoren arbeitet und somit ohne aufwändige Verkabelungen auskommt. Die Entwicklung eines ersten Funktionsmodells mit Zentralrechner erfolgte mit BFE-Unterstützung an der HTA Bern.

Das Controller-Aera-Network-(CAN)-Bus-System stellt Informationsflüsse sicher und erlaubt die Steuerung von Energieströmen. Das modulare System umfasst Stromquellen (z.B. Generator), Energiespeicher und Energieverbraucher. Als elektronische Transmis-

sion substituiert es mechanische Antriebe und ermöglicht neue stationäre und mobile Lösungen. Ein Print von ca. 50 x 50 mm dient als Grundmodul. Es existiert ein Komplett-Antrieb mit vorerst 36V/42V-Bordspannung und bis zu 2 kW Leistung.

Antriebe von E-Bikes können dank CAN-CoSy neu kettenlos gebaut werden. Und Energierückgewinnung beim Bremsen wird nun selbst im Fahrrad möglich! CAN-CoSy erlaubt, Komponenten wie vom IntelliBike der HTA Biel abgeleitete Radnabenmotoren, Supercaps (HTA Luzern) oder elektrochemische Elemente (PSI) zum System zu verbinden und in marktfähigen Applikationen einzubringen: z.B. im Bereich Mobilität, Electronic Bikes, Leicht-Hybrid- oder E-Roller usw.

*Beispiel einer möglichen Applikation: kettenlose Transmission von autork in einem Scooterbike von ecomotion design, Bonn.*



[www.autork.com](http://www.autork.com)



### Anwendungsoptimierte Elektronik im Einsatz

Der neu entwickelte Radnabenmotor, der in der Verschalung des Hinterrads untergebracht ist, bringt Volumen, Gewicht und Leistung in ein anwendungsoptimiertes Verhältnis. Auf der Basis eines permanent erregten, bürstenlosen Gleichstrommotors bietet dieser Radnabenmotor geringe Eigen- und Leerlaufverluste sowie einen hohen Wirkungsgrad über einen weiten Drehzahl- und Drehmomentbereich.

Die Fahrzeugelektronik nutzt Signale, um den Sollwert für Drehzahl und Drehmoment an die Leistungselektronik weiterzugeben. Ein Mikroprozessor errechnet beispielsweise den Schaltmuster-Algorithmus in Funktion von Drehrichtung und Drehzahl für einen möglichst hohen Wirkungsgrad. Hier wird die physische

Verfassung des Fahrers berücksichtigt, dessen Herzfrequenz über einen im Lenkergriff integrierten Sensor gemessen wird. Zu den ständig errechneten Biometrik-Daten gehören die Tretfrequenz und die Trittleistung an der Kurbel. Diese werden durch Sen-

soren im Tretlager erfasst. Die Übersetzung kann beim IntelliBike somit selbsttätig funktionieren und dadurch die Leistung des Fahrers und des elektrischen Antriebs optimal aufeinander abstimmen.

### Umsetzung intelligenter Technologien

Andrea Vezzini: „In Australien sind wir mit dem IntelliBike Rekordwerte gefahren, beispielsweise Spitzengeschwindigkeiten von über 100 km/h. Ein Ziel ist nun, die gewonnenen Erfahrungen mit dieser neuen Technologie zur Umsetzung in ein marktfähiges Produkt zu nutzen, was u.a. auch vom BFE aktiv unterstützt wird.“

### Martin Pulfer

BFE-Bereichsleiter Verkehr

## Brennstoffzellen

### HXS 1000 Premiere hat CE-Zertifikat

Das Brennstoffzellensystem HXS 1000 Premiere von Sulzer Hexis hat zum Jahresende 2001 das CE-Zertifikat erhalten. Dadurch wird es möglich, die Vorserien-Geräte dieser Bauart im gesamten EU-Markt, ohne aufwändige Einzelgenehmigungen, zu platzieren. Dieser wichtige Schritt der Markteinführung wurde vom BFE mitfinanziert. Bis 2003 sollen rund 400 Brennstoffzellen-Geräte bei Endkunden in Deutschland, Österreich und der Schweiz installiert werden. Die HXS 1000 Premiere wird mit Erdgas betrieben und in Einfamilienhäusern eingesetzt, um dort den Wärme- und Stromgrundbedarf abzudecken.



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

*Das CE-zertifizierte Brennstoffzellen-Modell von Sulzer Hexis kann nun in den gesamten EU-Markt eingeführt werden.*

Im IntelliBike sind sieben Lithium-Polymer-Batteriensets untergebracht, die jeweils 14 Einheiten mit Zellen, Sensoren sowie Überwachungselektronik für Spannungs-, Strom- und Temperaturmessungen umfassen. Die Energiedichte liegt bei rund 200 Wh/kg; für kurzzeitige Spitzenleistungen stehen 500 Wh/kg zur Verfügung.

### Internet-Links

Alles zum E-Bike der HTA Biel:  
Spirit of Bike  
[www.spiritofbike.ch](http://www.spiritofbike.ch)  
[www.hta-be.bfh.ch](http://www.hta-be.bfh.ch)

# Weniger Treibstoff und Emissionen

Mit dem Projekt Clean Engine Vehicle (CEV) wird der Optimierungsbereich eines Erdgasmotors ausgelotet

## Christian Bach

Abt. Verbrennungsmotoren/Feuerungen  
EMPA  
CH-8600  
Dübendorf

## Martin Pulfer

BFE-Bereichsleiter  
Verkehr

Im Jahr 2000 haben die EMPA und zwei Institute der ETH Zürich das CEV-Projekt gestartet. Die Entwicklung eines verbrauchsarmen Fahrzeugantriebs auf Erdgasbasis mit geringen Emissionen sollte gefördert werden. Resultat: Clean Engine Vehicle (CEV) mit einem Emissionsniveau vergleichbar mit Stromantrieben für Elektrofahrzeuge (SULEV-Grenzwerte) und mit 30 % niedrigeren CO<sub>2</sub>-Emissionen als ein vergleichbares Benzinfahrzeug. Das Projekt basiert auf Vorgängerarbeiten, beispielsweise über wirkungsorientierte Abgasbewertung, Füllstandsregelung von Katalysatoren und die vom BFE unterstützte Entwicklung des Swissmotors mit hohem Wirkungsgrad. Ziel ist ein Fahrzeugprototyp, der von Anfang an für eine spätere Markteinführung konzipiert wird.

## Simulation auf der Basis der Erdgasvorteile

Zu Beginn wurde ein VW-Polo auf monovalenten Erdgasbetrieb umgebaut. Die Treibstoff- und Umwelteigenschaften von Erdgas, wie hohe Oktanzahl, Schwefel- und Aromatenfreiheit, niedriger C-Anteil sowie die sehr viel geringere Ozonreaktivität der Kohlenwasserstoffemissionen, sollen optimal ausgenutzt werden. Mit der rechnerischen Modellierung des Motorprozesses konnte man Simulationen durchführen, mit dem Ziel eines maximalen Wirkungsgrades bei gleichzeitig minimalen Schadstoffemissionen.

Die Simulation wurde als Entwicklungswerkzeug eingesetzt. So war beispielsweise das Potenzial einer Verdichtungserhöhung abschätzbar, bevor der Motor entsprechend umgebaut wurde. Später bestätigten die gemessenen Ergebnisse des Stationärprüfstands – als Validierungsschritt – die Vorhersage. Neue Kolben mit veränderter Brennraumgestaltung ermöglichen eine Verdichtungserhöhung von 10,7 auf etwa 13,5 – was zu höheren Kompressions- und Verbrennungsdrücken führt. Der Wirkungsgrad steigt, der Treibstoffverbrauch sinkt.

Weitere Optimierungsarbeiten wurden im Bereich der Zündung, der Gaseinblasung und der Abgasrückführung realisiert. Bei all den Abstimmungsarbeiten spielt das komplexe Motorenmanagementsystem Bosch ME-7 eine zentrale Rolle. Nur wenn es dem Projektteam gelingt, die oftmals gegenläufigen Anforderungen der Emissionsminderung und der Verbrauchsoptimierung umzusetzen, können die ambitionierten Ziele erreicht werden.

## Aussichtsreiche Zwischenresultate

Das CEV-Projekt hat bisher deutlich bestätigt, dass monovalente Systemlösungen die Vorteile von Erdgas besser ausschöpfen. Im laufenden Jahr soll nun der Motor mittels Abgas-Turbolader aufgeladen werden, um die hohe Oktanzahl von Erdgas konsequent auszunutzen und die durch die gasförmige Einblasung des Treibstoffs resultierende geringere Füllung bei Volllast auszugleichen. Angestrebt wird sogar eine Leistungssteigerung von 20 % gegenüber dem ursprünglichen Fahrzeug.

## Internet-Links

Das CEV-Projekt an der EMPA in Dübendorf  
[www.empa.ch](http://www.empa.ch)

Labor für Verbrennungsmotoren und Verbrennungstechnik (LVV) an der ETHZ  
[www.lvv.ethz.ch](http://www.lvv.ethz.ch)

Institut für Mess- und Regeltechnik (IMRT) der ETHZ  
[www.imrt.ethz.ch](http://www.imrt.ethz.ch)

## 3 für 2020

Für die EU haben nur die drei folgenden Treibstoffoptionen Chancen, bis 2020 einen Anteil von jeweils mehr als 5 % des Gesamtverbrauchs zu erlangen: Bio-Treibstoffe, Erdgas und Wasserstoff. Unter dieser Annahme wird das Kompetenznetzwerk PSI-EMPA-ETH ein TreFa2kW-Projekt starten: Treibstoffe und Fahrzeuge für die 2000-Watt-Gesellschaft. Dabei stehen Entwicklungen von Produktionsverfahren für Treibstoffe aus erneuerbaren Quellen sowie von hoch effizienten und niedrigst emittierenden Fahrzeugantrieben im Mittelpunkt. Mit Pilotregionen und Marktpenetrationsstudien soll die Akzeptanz untersucht werden. TreFa2kW wird somit ein weiterer Aspekt der Nachhaltigkeitsforschung.

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



*CEV-Projekt: Die gemessenen Ergebnisse des Stationärprüfstands bestätigten die Simulationvorhersagen.*

**Bezug von Publikationen mit:**  
 ● Bestellformular (für FAX)  
 oder  
 ● ENET im Internet – [www.energieforschung.ch](http://www.energieforschung.ch)

## Abwärmenutzung

**Intégration énergétique de procédés discontinus à l'aide d'algorithmes génétiques, GABSOBHIN;** Rapport final; Krummenacher Pierre, Renaud Blaise, Marechal François, Favrat Daniel; EPFL/DME/LENI; 12.2001; FR; F&E; SFr. 15.00  
 Nr. 210143

**Abfalllösungsmittelmanagement in der chemischen Industrie; Jahresbericht 2001;** Hofstetter Th., Capello Ch., Hungerbühler K.; ETH Labor für Technische Chemie; 12.2001; DE; F&E; SFr. -  
 Nr. 210161

**Analyse und Modellierung des Energiebedarfs in Batch-Prozessen;** Jahresbericht 2001; Bieler Patric S.; ETH Labor für Technische Chemie; 12.2001; DE; F&E; SFr. -  
 Nr. 210162

**Abwärmenutzung Schlammverbrennung; ARA Basel;** Zwischenbericht; Fath Horst; Elektra Baselland Liestal; 05.2001; DE; F&E; SFr. 15.00  
 Nr. 210182

## Biomasse

**Keramikblech;** Schlussbericht November 2001; Brogli Peter, Salerno Basso; Tonwerk Lausen AG; 11.2001; DE; P&D; SFr. 15.00  
 Nr. 210132

**Herstellung von Holzpellets;** Einfluss von Presshilfsmitteln auf Produktion, Qualität, Lagerung, Verbrennung sowie Energie- und Ökobilanz von Holzpellets; Schlussbericht; Hasler Philipp, Nussbaumer Thomas; Ing. Büro Verenum; 12.2001; DE; F&E; SFr. 30.00  
 Nr. 210184

**Secondary Reactions of Tar during Thermochemical Biomass Conversion;** Dissertation 14341; Morf Philipp Oliver; 09.2001; EN; F&E; SFr. 30.00  
 Nr. 210186

**Grundlagen zur Teerbildung bei der Holzvergasung;** Zusammenfassung Schlussbericht; Nussbaumer Thomas; Ing. Büro Verenum; 12.2001; DE; F&E; SFr. -  
 Nr. 210185

## Biomasse (ohne Holz)

**Rationelle Energieanwendung in der Landwirtschaft (REAL);** Unter Berücksichtigung vermehrten Einsatzes erneuerbarer Energieträger; Schlussbericht; Hersener J.-L., Meier U.; 07.2001; DE; F&E; SFr. 30.00  
 Nr. 210120

**Stand der Technik von Membranverfahren; Einsatzmöglichkeiten bei der Vergärung von Abwässern;** Schlussbericht; Engeli Hans, Edelmann Werner; Engeli Engineering; 11.2001; DE; F&E; SFr. 20.00  
 Nr. 210133

**Ökobilanz der Stromgewinnung aus landwirtschaftlichem Biogas;** Schlussbericht; Edelmann W., Schleiss K., Engeli H., Baier U.; Arbi Bioenergie GmbH; 11.2001; DE; F&E; SFr. 45.00  
 Nr. 210146

## Elektrizität

**Application of high Temperature Superconductivity in Power Systems;** Final Report; Schnyder G., Rhyner J., Politano D., Sjöström M.; ABB Sécheron; 03.2000; EN; F&E; SFr. 20.00  
 Nr. 200278

**Application of high Temperature Superconductivity in Power Systems;** Summary; Schnyder G., Rhyner J., Politano D., Sjöström M.; ABB Sécheron; 03.2000; EN; F&E; SFr. -  
 Nr. 200279

**Application of high Temperature Superconductivity in Power Systems;** Zusammenfassung; Schnyder G., Rhyner J., Politano D., Sjöström M.; ABB Sécheron; 03.2000; DE; F&E; SFr. -  
 Nr. 200280

**Application of high Temperature Superconductivity in Power Systems;** Résumé; Schnyder G., Rhyner J., Politano D., Sjöström M.; ABB Sécheron; 03.2000; FR; F&E; SFr. -  
 Nr. 200281

**IEA Implementing Agreement for a cooperative programme for assessing the impacts of High-Temperature Superconductivity on the electric power sector;** IEA: final report; Vecsey G.; EPFL/CRPP Centre de recherches; 03.2001; EN; F&E; SFr. -  
 Nr. 210134

**Wärmepumpentumbler für Mehrfamilienhäuser;** Jahresbericht; Schwarzwald Ernst; Thermodul Consulting; 12.2001; DE; P&D; SFr. 15.00  
 Nr. 210196

**AC Manager;** Jahresbericht; Hauser Alois; Encontrol GmbH; 12.2001; DE; P&D; SFr. -  
 Nr. 210197

**Zunahme der dezentralen Energieerzeugungsanlagen in Verteilnetzen;** Jahresbericht; Schnyder G.; Schnyder Ingenieure AG; 12.2001; DE; F&E; SFr. -  
 Nr. 210198

**Energieaspekte in der IT-Ausbildung;** Jahresbericht; Aebischer Bernard, Huser Alois, Rack Heike; CEPE ETH Zentrum, WEC; 12.2001; DE; F&E; SFr. -  
 Nr. 210199

**Elektrische Heizbänder; Anwendung, Energieverbrauch und Sparmöglichkeiten;** Jahresbericht; Nipkow Jürg; Arena AG Energie-Alternativen; 12.2001; DE; F&E; SFr. -  
 Nr. 210200

**IEA-Implementing Agreement „Assessing the Impact of High Temp. Superconductivity on the Electric Power Sector“ (EXCO-Member);** Jahresbericht; Flückiger René; Université de Genève; 12.2001; DE; F&E; SFr. -  
 Nr. 210201

**Betreuung des Kompetenzzentrums Energie und Informationstechnik;** Jahresbericht; Aebischer Bernard; ETH Institut für Elektrische Informationstechnik; 12.2001; DE; F&E; SFr. -  
 Nr. 210202

**Energiesparender Schrittmotorantrieb;** Jahresbericht; Berchten S.; LEAG Antriebstechnik AG; 12.2001; DE; F&E; SFr. -  
 Nr. 210203

**Einsparpotential an elektr. Energie bei Motoren und Antrieben in der Lonza;** Jahresbericht; Troger St., Schnyder G., Bregy V., Schnyder R.; Lonza AG; 12.2001; DE; P&D; SFr. -  
Nr. 210204

**Energy Efficiency in Computer Power Supplies;** Jahresbericht; Aebischer Bernard, Huser Alois, Rack Heike; CEPE ETH Zentrum, WEC; 12.2001; DE; F&E; SFr. -  
Nr. 210205

**Schweizer Teilnahme im SAVE-Programm: Pilot Actions „Motor Challenge“ Programme;** Jahresbericht; Nipkow Jürg; LEAG Antriebstechnik AG; 12.2001; DE; F&E; SFr. -  
Nr. 210206

**Druckluftoptimierung in einer Schreinerei;** Jahresbericht; Gloor Rolf; Gloor Engineering; 12.2001; DE; P&D; SFr. -  
Nr. 210207

**Stromeffizienzpotenzial bei Servern;** Jahresbericht; Huser Alois; Encontrol GmbH; 12.2001; DE; F&E; SFr. -  
Nr. 210208

**Druckluftoptimierung in einer Weberei;** Jahresbericht; Gloor Rolf; Gloor Engineering; 12.2001; DE; F&E; SFr. -  
Nr. 210209

## Energiewirtschaftliche Grundlagen

**Übersicht über die Besteuerung von Energieträgern in Europa;** Kurzbericht; Iten Rolf, Gehrig Sonja, König Christoph; Infrass; 04.2000; DE; F&E; SFr. 30.00  
Nr. 200270

**Harmonisierung kantonaler Energievorschriften im Baubereich;** Schlussbericht; Frauenfelder S., Baumgartner A., Jaboyedoff P.; 11.1999; DE; F&E; SFr. 50.00  
Nr. 200273

**Solarförderung (Photovoltaik) bei Produzenten; Strategien und Massnahmen im Ausland;** Schlussbericht; Nowak Stefan; Nowak Energie & Technologie AG; 04.2000; DE; F&E; SFr. 20.00  
Nr. 200277

**Förderung des Exports im Bereich der Energietechnologien;** Bericht; Iten R., Oettli B., Jochem E., Mannsbart W.; Infrass Zürich, Fraunhofer Institut; 07.2001; DE; F&E; SFr. 50.00  
Nr. 210121

## Gebäude

**Hochisolationsleitungen;** Schlussbericht Vorstudie; Weber R.; EMPA Abt. 175, Haustechnik; 12.2001; DE; F&E; SFr. 15.00  
Nr. 210190

## Geothermie

**Mandat Geothermie; Indirekte Förderung;** Schweizerische Vereinigung für Geothermie SVG/SSG; 10.2001; DE; F&E; SFr. -  
Nr. 210118

**Langzeitverhalten der EWS-Anlage in Elgg (ZH); Spotmessung vom Herbst 2001;** Schlussbericht November 2001; Eugster Walter J.; Plydynamics Engineering Zürich; 11.2001; DE; P&D; SFr. 15.00  
Nr. 210126

**Long Term Influence of Multiple Heat Extraction Boreholes;** Program 3-D FRACTure and comparison with a g-function calculated with the SBM program; Rapport intermédiaire; Brenni R., Kohl Th., Pahud D.; LEEE; 08.2001; EN; F&E; SFr. 15.00  
Nr. 210129

**Potential géothermique et possibilités d'utilisation des eaux chaudes des tunnels de base d'Alptransit; Etat des investigations;** Rapport final; Wilhelm Jules; 10.2001; FR; P&D; SFr. 30.00  
Nr. 210131

**Pieux énergétiques avec distribution de chaleur et de froid intégrée dans la structure; Centre Scolaire Vers-l'Eglise / Fully;** Rapport intermédiaire; Bonvin Michel, Cordonier Patrice; Espace Socio-culturel; 11.2001; FR; P&D; SFr. 15.00  
Nr. 210135

**Sfruttamento dell'acqua proveniente dal tunnel mappo-morettina; Riscaldamento centro sportivo e ricreativo mappo minusio;** Rapporto Finale; De-Carli Marco; Municipio di Minusio; 11.2001; IT; F&E; SFr. 15.00  
Nr. 210138

**Technischer Bericht Geothermie-Sondierbohrung Otterbach 2, Basel;** Technischer Bericht; Häring Markus O.; Geothermal Explorers Ltd; 11.2001; DE; F&E; SFr. 30.00  
Nr. 210139

**Lebensdauer von Erdwärmesonden in Bezug auf Druckverhältnisse und Hinterfüllung;** Schlussbericht; Rohner E., Rybach L., Salton M.; Grundag AG; 12.2001; DE; F&E; SFr. 20.00  
Nr. 210140

**Projet Mesure des performances thermiques d'une PAC sur sondes géothermiques à Lugano (TI);** Rapport annuel 2001; Pahud Daniel, Lachal Bernard; LEEE; 12.2001; FR; F&E; SFr. -  
Nr. 210149

**Projekt „Deep Heat Mining“;** Anwendung der Hot-Dry-Rock/Hot-Wet-Rock-Technologie zur Strom- und Wärmeproduktion in der Schweiz; Resultate der Arbeiten 2001; Jahresbericht 2001; Arbeitsgemeinschaft Deep Heat Mining; Häring Geo Project; 12.2001; DE; F&E; SFr. 15.00  
Nr. 210150

**Tunnel du Grand-St-Bernard; Analyse du rendement de la production de chaleur;** Rapport final; Routier A., Meldem Ch., Meldem R.; Tunnel du Grand-Saint-Bernard; 12.2001; FR; P&D; SFr. 15.00  
Nr. 210151

**Geothermische Wärmepumpe „Thermalbad Egelsee“, 8280 Kreuzlingen;** Schlussbericht; Tschuck W.; 12.2001; DE; P&D; SFr. 15.00  
Nr. 210152

**Wärme-Contracting Geothermie-Doublette Siedlung Solar One, Itingen BL; Messungen Energieverbrauch;** Schlussbericht; Häring Markus, Leimer Thomas, Wahl Severino; Häring Geothermal Contractors; 01.2002; DE; P&D; SFr. 15.00  
Nr. 210183

## Photovoltaik

**Fotovoltaik-Wechselrichter im Vergleich; Tests an Sinus-Wechselrichtern für Fotovoltaik-Insulanlagen;** Beitrag: Häberlin H.; Elektrotechnik; 11.2000; DE; F&E; SFr. - Nr. 200282

**Fotovoltaik-Wechselrichter werden immer besser; Entwicklung der Fotovoltaik-Wechselrichter für Netzverbundanlagen 1989-2000;** Beitrag: Häberlin H.; Elektrotechnik; 12.2000; DE; F&E; SFr. - Nr. 200283

**Roof integrated amorphous silicon photovoltaic plant IMT Neuchâtel;** Annual Report 1999; Tschanner Reto; Institut de Microtechnique de Uni Neuchâtel; 12.1999; EN, FR; P&D; SFr. - Nr. 200287

**Roof integrated amorphous silicon photovoltaic plant IMT Neuchâtel;** Annual Report 2000; Tschanner Reto; Institut de Microtechnique de Uni Neuchâtel; 12.2000; EN, FR; P&D; SFr. - Nr. 200288

**Roof integrated amorphous silicon photovoltaic plant IMT Neuchâtel;** Annual Report 1998; Tschanner Reto; Institut de Microtechnique de Uni Neuchâtel; 12.1999; EN, FR; P&D; SFr. - Nr. 200289

**Roof integrated amorphous silicon photovoltaic plant IMT Neuchâtel;** Annual Report 1997; Tschanner Reto; Institut de Microtechnique de Uni Neuchâtel; 12.1998; EN, FR; P&D; SFr. - Nr. 200290

**Von simulierten Blitzströmen in Solarmodulen und Solargeneratoren induzierte Spannungen;** Beitrag: Häberlin H., Fischer R., Minkner R.; 03.2001; DE; F&E; SFr. - Nr. 210167

**Netznachbildungen und Grenzwerte für EMV-Messungen auf der Gleichstromseite von Photovoltaik-Anlagen;** Beitrag: Häberlin H., Fischer R.; 03.2001; DE; F&E; SFr. - Nr. 210168

**Entwicklung der Photovoltaik-Wechselrichter für Netzverbundanlagen 1989-2000;** Beitrag: Häberlin H.; 03.2001; DE; F&E; SFr. - Nr. 210169

**Tests an Sinus-Wechselrichtern für Photovoltaik-Insulanlagen;** Beitrag: Häberlin H., Renken Ch.; 03.2001; DE; F&E; SFr. - Nr. 210170

**Von simulierten Blitzströmen in Solarmodulen und Solargeneratoren induzierte Spannungen;** Beitrag: Häberlin H.; 10.2001; DE; F&E; SFr. - Nr. 210171

**Evolution of Inverters for Grid connected PV-Systems from 1989 to 2000;** Beitrag: Häberlin H.; 10.2001; EN; F&E; SFr. - Nr. 210172

**New DC-LISN for EMC-Measurements on the DC Side of PV Systems: Realisation and first Measurements at Inverters;** Beitrag: Häberlin H.; 10.2001; EN; F&E; SFr. - Nr. 210173

**Interference Voltages induced by Magnetic Fields of Simulated Lightning Currents in Photovoltaic Modules and Arrays;** Beitrag: Häberlin H.; 10.2001; EN; F&E; SFr. - Nr. 210174

**Resultate von Tests an neueren Photovoltaik-Wechselrichtern für Netzverbundanlagen;** Beitrag: Häberlin H.; 10.2001; DE; F&E; SFr. - Nr. 210175

**Blitzschutz von Photovoltaik-Anlagen; Teil 1;** Beitrag: Häberlin H.; 04.2001; DE; F&E; SFr. - Nr. 210176

**Blitzschutz von Photovoltaik-Anlagen; Teil 2;** Beitrag: Häberlin H.; 05.2001; DE; F&E; SFr. - Nr. 210177

**Blitzschutz von Photovoltaik-Anlagen; Teil 3;** Beitrag: Häberlin H.; 06.2001; DE; F&E; SFr. - Nr. 210178

**Blitzschutz von Photovoltaik-Anlagen; Teil 4;** Beitrag: Häberlin H.; 08.2001; DE; F&E; SFr. - Nr. 210179

**Blitzschutz von Photovoltaik-Anlagen; Teil 5;** Beitrag: Häberlin H.; 09.2001; DE; F&E; SFr. - Nr. 210180

**Blitzschutz von Photovoltaik-Anlagen; Teil 6;** Beitrag: Häberlin H.; 10.2001; DE; F&E; SFr. - Nr. 210181

**Roof integrated amorphous silicon photovoltaic plant IMT Neuchâtel;** Annual Report 2001; Tschanner Reto; Institut de Microtechnique de Uni Neuchâtel; 12.2001; EN, FR; P&D; SFr. - Nr. 210211

## Solarwärme

**SPS: Projet d'une minicentrale pilote électro-thermo-solaire de 10 kW<sub>e</sub>; Partie A: Centrale solaire hybride;** Rapport final; Martin Samuel, Kane Malick, Favrat Daniel; EPFL/DME/LENI; 12.2001; FR; F&E; SFr. 40.00 Nr. 210195

**Small Hybrid Solar Power System;** Artikel Ecos'01 July 4-6, 2001 Istanbul; Kane M., Larrain D., Favrat D., Allani Y.; EPFL/DME/LENI; 07.2002; EN; F&E; SFr. 10.00 Nr. 220002

## Technologie-Transfer / Systeme

**ENET-NEWS Nr. 50 deutsch;** ENET; 12.2001; DE; F&E; SFr. - Nr. 210141

**ENET-NEWS No 50 français;** ENET; 12.2001; FR; F&E; SFr. - Nr. 210142

## Umgebungswärme

**Small oilfree CO<sub>2</sub>-compressor**; Final report; Baumann Heinz; 11.2001; EN; F&E; SFr. 15.00  
Nr. 210124

**Ölfreier CO<sub>2</sub>-Kleinkompressor**; Schlussbericht; Baumann Heinz; 11.2001; DE; F&E; SFr. 15.00  
Nr. 210125

**Dynamischer Wärmepumpentest; Validierung des Modellansatzes und Entwicklung einer Prüfprozedur; Phase 2**; Schlussbericht; Hubacher Beat, Ehrbar Max; Interstaatliche Fachhochschule; 09.2001; DE; F&E; SFr. 25.00  
Nr. 210127

**Charakteristiken von Vielzellenkompressoren**; Schlussbericht; Zingerli Adrian, Ehrbar Max; Interstaatliche Fachhochschule; 09.2001; DE; F&E; SFr. 30.00  
Nr. 210128

**Kurztestmethode für Wärmepumpenanlagen (A Short-Term Rating Method for Heat Pump Heating Systems); Phase 5: Test der Fehlerdiagnosesysteme (Test of the Fault Diagnosis Systems)**; Schlussbericht; Zogg David, Shafai Esfandiar; ETH Institut für Mess- und Regeltechnik; 11.2001; DE, EN; F&E; SFr. 30.00  
Nr. 210136

**Kleinwärmepumpe mit Ammoniak, Phase 2**; Schlussbericht; Kopp Th.; Hochschule Rapperswil HSR; 12.2001; DE; F&E; SFr. 30.00  
Nr. 210137

**Pompe à Chaleur air-eau à Haute Température: Phase 2: Développement et essais avec un compresseur à injection vapeur**; Rapport intermédiaire; Schiffmann Jürg, Guex Stéphane, Favrat Daniel; EPFL/DME/LENI; 07.2001; FR; F&E; SFr. 20.00  
Nr. 210145

**Ausbau der Calc-Programme; Phase 1: Konzept und Pflichtenheft**; Schlussbericht; Zweifel G., Stalder M., Erb M., Shafai E., Achermann M., von Euw R.; Hochschule für Technik und Architektur; 12.2001; DE; F&E; SFr. 15.00  
Nr. 210154

**Validieren des Programms EWS und Optimieren der Erdwärmesondenlänge**; Jahresbericht 2001; Kohl Thomas, Signorelli Sarah; Institut für Geophysik ETH Zürich; 12.2001; DE; F&E; SFr. 15.00  
Nr. 210155

**Messungen an Retrofit-Wärmepumpen, Phase 2**; Jahresbericht 2001; Gabathuler Hans Rudolf, Mayer Hans; KWT Kälte-Wärme-Technik AG; 12.2001; DE; F&E; SFr. 15.00  
Nr. 210156

**Pompe à Chaleur air-eau à Haute Température**; Rapport annuel 2001; Guex Stéphane, Favrat Daniel; EPFL/DME/LENI; 12.2001; FR; F&E; SFr. -  
Nr. 210157

**Migration d'huile dans les pompes à chaleur**; Rapport annuel 2001; Zehnder Michele, Favrat Daniel; EPFL/DME/LENI; 12.2001; FR; F&E; SFr. -  
Nr. 210158

**Standardschaltungen für Kleinwärmepumpenanlagen**; Jahresbericht 2001; Afjei Th., Schonhard U., Zweifel G., Achermann M., von Euw R., Gabathuler H.R., Erb M., Renaud P.; Fachhochschule beider Basel; 12.2001; DE; F&E; SFr. 15.00  
Nr. 210159

**Pulsbreitenmodulation für Kleinwärmepumpenanlagen – Phase 2**; Jahresbericht 2001; Gabathuler H.R., Mayer H., Shafai E., Wimmer R.; Gabathuler AG; 12.2001; DE; F&E; SFr. -  
Nr. 210160

**CEN TC 113, Vertretung der Schweiz WG7, WG8 und WG9**; Jahresbericht 2001; Roth Stefan, Ehrbar Max, Montani André, Eggenschwiler Kurt; NOK Nordostschweiz. Kraftwerke; 12.2001; DE; F&E; SFr. -  
Nr. 210163

**Wärmequelle Luft für Retrofit-Wärmepumpen**; Jahresbericht 2001; Kopp Th., Deller M., Trüssel D., Eggenschwiler K., Baschnagel K.; Fachhochschule Rapperswil HSR; 12.2001; DE; F&E; SFr. -  
Nr. 210164

**Biogasmotor**; Rapport annuel 2001; Roubaud A., Favrat D.; EPFL/DME/LENI; 12.2001; FR; F&E; SFr. -  
Nr. 210165

**Utilisation optimale de l'énergie primaire et réduction de CO<sub>2</sub> au moyen de systèmes combinés pompes à chaleur - couplages chaleur-force**; Rapport final; Conti & Associés Ingénieurs SA; 01.2002; FR; F&E; SFr. 20.00  
Nr. 220001

## Verkehr (Leichtmobile)

**Grossversuch mit Leicht-Elektromobilen (LEM) in Mendrisio**; Synthesenbericht; Schwegler Urs, Wegmann Susanne; ASSOVEL; 08.2001; DE; P&D; SFr. 8.00  
Nr. 210194

## Wind

**Die Berücksichtigung der Windenergie in der Richt- und Nutzungsplanung**; Schlussbericht; Soguel Robyr, Henz H.R.; Metron AG; 12.2001; DE; F&E; SFr. 20.00  
Nr. 210189

## Bestellformular für ENET Publikationen/Dienstleistungen

| Publikationsnummer | Titel | Anzahl |
|--------------------|-------|--------|
|                    |       |        |
|                    |       |        |
|                    |       |        |
|                    |       |        |
|                    |       |        |
|                    |       |        |
|                    |       |        |
|                    |       |        |

### ENET bietet spezielle Dienstleistungen für Unternehmen

- Unterstützung der Produktinnovation und -entwicklung mit neuen Technologien
- Lösen von aktuellen Problemstellungen  
(wissenschaftliche & technische Unterstützung)

Firma: \_\_\_\_\_

Name: \_\_\_\_\_ Vorname: \_\_\_\_\_

Adresse: \_\_\_\_\_

PLZ: \_\_\_\_\_ Ort: \_\_\_\_\_

Telefon: \_\_\_\_\_ Fax: \_\_\_\_\_

email: \_\_\_\_\_

**Bezug von Publikationen mit:**  
 ● Bestellformular (für FAX)  
 oder  
 ● ENET im Internet – [www.energieforschung.ch](http://www.energieforschung.ch)

**ENET**  
 Netzwerk für Informationen  
 und Technologie-Transfer im Energiebereich  
 Egnacherstrasse 69 • CH-9320 Arbon  
 Tel. 071 440 02 55 • Tel. 021 312 05 55  
 Fax 071 440 02 56  
[enet@temas.ch](mailto:enet@temas.ch) • [www.energieforschung.ch](http://www.energieforschung.ch)





Mobil für die Umwelt.