

# 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: \_\_\_\_\_

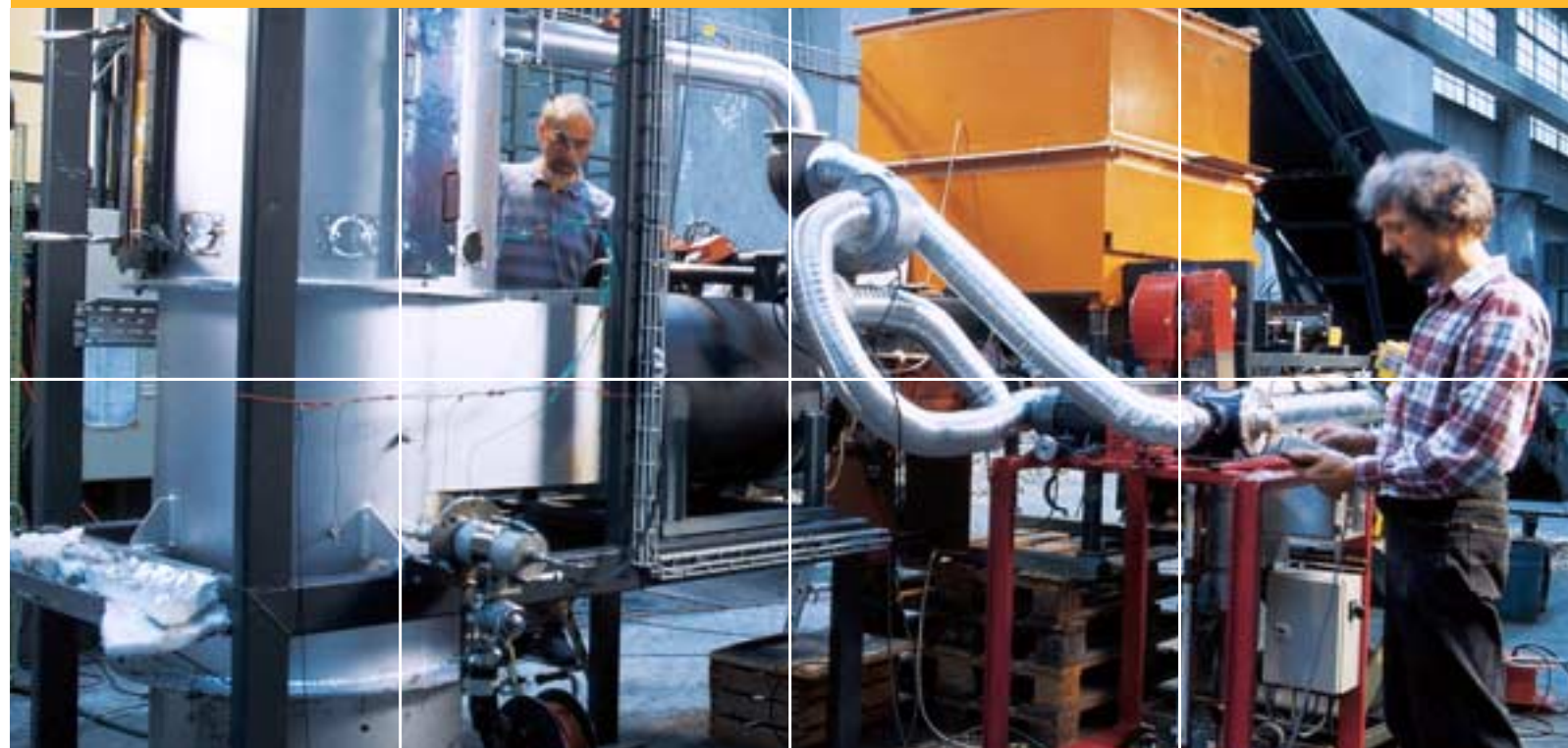
PLZ: \_\_\_\_\_ Ort: \_\_\_\_\_

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

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

Bezug von Publikationen mit:

- Bestellformular (für FAX)
- oder
- ENET im Internet – [www.energieforschung.ch](http://www.energieforschung.ch)



Solarchemie

Wasserstoff wird sonniger

Holz

Mit Feuer bei der Sache

Verkehr

Mobilität hat viele Facetten

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

**ENET**

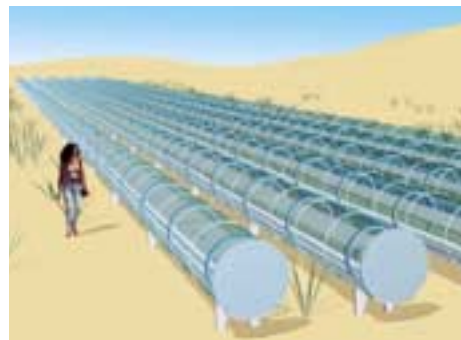
Aktuelle Informationen .....3

**BFE**Energie 2000 –  
Evaluationen zusammengefasst.....4**CORE**

Am Ball bleiben.....4

**Energiewirtschaftliche Grundlagen**

Vergleiche schaffen Überblick .....5

**Solarchemie/Wasserstoff**Wasserstoff wird sonniger .....8  
Elemente in Verbindung bringen .....9**Fotovoltaik**

Die Sonne scheint überall .....12

**SUN21**

Der Sonne entgegen .....13

**Solarwärme**

Solar Combisystems .....13

**Umgebungswärme**Wärmepumpenprozess für die  
Heizungssanierung.....14**Kleinwasserkraftwerke**

Informieren und fördern .....15

**Windenergie**

Modellieren statt messen .....16

**Holz**Mit Feuer bei der Sache .....17  
Den Partikeln auf der Spur .....18  
Heisse Themen im Labor .....20  
Lothar bläst Wärme ins Haus.....23**Geothermie**

Reif für die Insel .....24

**Biomasse**

Gras mehrfach nutzen .....25

**Gebäudesysteme**

Bevor es zu spät ist .....26

**Elektrizität**

Vernetzung in – Strom out.....29

**Brennstoffzellen**

Welle um Welle zur Brennstoffzelle .....30

**Verkehr**Mobilitätsprojekt wird kantonal .....31  
Batterien aus dem Tessin .....32  
Dem mobilen Menschen verpflichtet.....33  
Bivalent weiter fahren .....35**Internationale Zusammenarbeit**

Miteinander statt alleine .....37

Neue Publikationen .....38

**Impressum**ENET-NEWS  
Informationen zur Energieforschung

Dezember 2000 / Nr. 46

Erscheinungsweise: vierteljährlich in  
deutscher und französischer VersionHerausgeber  
Bundesamt für Energie BFE  
Monbijoustrasse 74  
CH-3003 BernRedaktion  
ENET Kommunikation  
Jürg Wellstein  
Parkstrasse 15  
CH-4106 TherwilTel. +41 61 726 92 18  
Fax +41 61 726 92 11  
enet.kommunikation@bro.chFranzösisch-Übersetzung  
Jean-Marc Suter

Nachdruck nur mit Quellenangabe.

Papier chlorfrei gebleicht  
Gedruckt in der Schweiz.**Titelfoto**Versuchsanlage des Ökozentrums Langen-  
bruck für neue Verbrennungstechnologien  
für Holzschnitzel.

(Foto: H. Grieder, Langenbruck)

# Von der Idee zum Produkt

*Es war uns stets ein vorrangiges Anliegen, die Zusammenhänge von Energieforschung und nachhaltiger Energienutzung aufzuzeigen. Mit dem Aktionsprogramm Energie 2000 konnten wir wesentliche Aspekte dieses Wirkungskreislaufs erkennbar machen und auf breiter Basis eine Sensibilisierung für erneuerbare Energien und rationelle Energienutzung realisieren. Mit der Umstrukturierung des Bundesamtes für Energie haben wir zudem die Basis gebildet, auf welcher das Nachfolgeprogramm EnergieSchweiz effizient geführt werden kann. Zusammen mit den zahlreichen Akteuren, die mit viel Initiative und Engagement Beachtliches bewirkt haben, und unterstützt von neuen Partnern, suchen wir die hochgesteckten Ziele zu erreichen.*



*Die Energieforschung hat einen langfristigen Charakter und soll sich an den künftigen Gegebenheiten orientieren können. Vom Forschungsprojekt bis zur Markteinführung vergeht daher in der Regel viel Zeit. Deshalb ist es immer wieder erfreulich zu sehen, wie anfangs teilweise noch vage Ideen den Weg über Forschungsprojekte und Pilotanlagen bis zur Markteinführung begehen und schliesslich einen nicht mehr weg zu denkenden Teil unseres Alltags werden. Diesen Prozess in Gang zu halten ist eine unserer vornehmsten Aufgaben. Wir bleiben dran.*

*Eduard Kiener  
Direktor Bundesamt für Energie*

## ENET: Aktuelle Informationen aus der Energieforschung

Ausgewählte Informationen aus der Energieforschung liefert ENET on-line. Die Meldungen sind kurz und bündig. Sie kommen Ereignis gesteuert und selektiv zu Ihnen per email. Unter [www.energy-research.ch](http://www.energy-research.ch) (Energy News Ticket) können Sie sich für einen oder mehrere der folgenden Themen registrieren.

**Rationelle Energienutzung**

- Gebäude
- Verkehr
- Elektrizitätsspeicherung und -transport  
- Batterien und Supercaps
- Elektrizitätsnutzung (Geräte)
- Wärme-Kraft-Kopplung  
- Brennstoffzellen
- Verbrennung
- Prozesse (in Industrie, Gewerbe, Landwirtschaft usw.)

**Erneuerbare Energien**

- Sonnenenergie  
- Solarwärme (aktiv, passiv, Speicherung)
- Fotovoltaik (Solarzellen und Anlagen)
- Solarchemie (inkl. Wasserstoff)
- Umgebungswärme (Wärmepumpen)
- Biomasse (Holz, Abfälle, Klärschlamm)
- Geothermie
- Wind
- Wasser  
- Kleinwasserkraftwerke

**Kernenergie**

- Kernspaltung
- Kernfusion

**Energiewirtschaftliche Grundlagen**

- Ökologie, Gesellschaft, Umwelt
- Energiepolitik (Szenarien, Instrumente, Massnahmen)
- Technologie-Transfer

Melden Sie noch heute an, damit Sie diesen neuen Informationsservice nutzen können. Bei Fragen wenden Sie sich an [enet@temas.ch](mailto:enet@temas.ch)



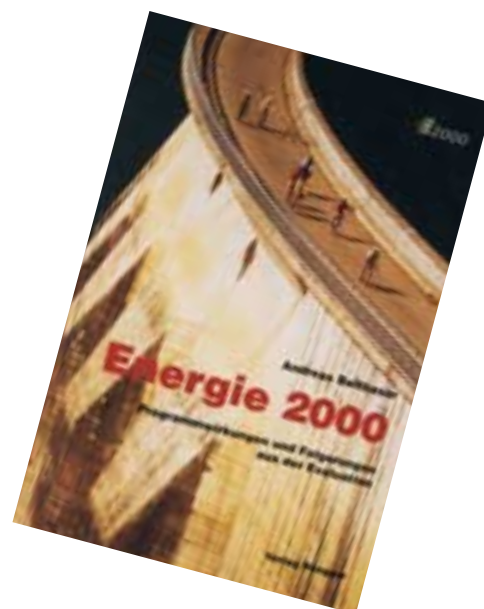
## Energie 2000 – Evaluationen zusammengefasst

Das Aktionsprogramm Energie 2000 wird demnächst vom Nachfolgeprogramm EnergieSchweiz abgelöst. Mit einem prüfenden Blick fasst Andreas Balthasar die über die Wirkungen von Energie 2000 durchgeführten Evaluationen zusammen. Das Aktionsprogramm war zielorientiert angelegt und konnte mit dem partnerschaftlichen Ansatz öffentliche und private Akteure vereinen. Dank quantifizierbarer Vorgaben wurde eine erhebliche Dynamik ausgelöst. Hingegen vermochten die organisatorischen Strukturen nicht in allen Belangen zu überzeugen und führten zu Kompetenzschwierigkeiten.

Die anvisierten Verhaltensänderungen in Bezug zur Energienutzung sind dann zu Stande gekommen, wenn eine Kombination von Geboten und Verboten, finanziellen Anreizen und Motivationsanstrengungen möglich war.

Energie 2000 – Programmwirkungen und Folgerungen aus der Evaluation fasst die 58 Untersuchungen, die durch unabhängige Spezialisten gemacht wurden, systematisch zusammen.

[www.energie2000.ch](http://www.energie2000.ch)



Verlag Rüegger, Chur/Zürich, 2000  
ISBN 3-7253-0679-6  
[www.rueggerverlag.ch](http://www.rueggerverlag.ch)

## Am Ball bleiben

Die Eidgenössische Forschungskommission (CORE) erarbeitet das Konzept der Energieforschung des Bundes, prüft und begleitet die Energieforschungsprogramme und informiert über neue Erkenntnisse. Hans Rudolf Zulliger, seit 1996 Präsident der CORE, nimmt nun Stellung zur Situation der Energieforschung nach der Abstimmung vom 24. September 2000.

### Welche Konsequenzen hat der Volksentscheid auf die Energieforschung während den nächsten fünf Jahren?

Hans Rudolf Zulliger: Die CORE hätte dringend gern einige Lücken in den Bereichen erneuerbarer Energiequellen und effizienter Energienutzung geschlossen. Durch etwa 10–15 Millionen Franken mehr Forschungsmittel beim BFE wären 30–40 Millionen Franken öffentliche Forschungsgelder ausgelöst worden. Dies ist fast gleich viel, wie die Kürzungen dieses Budgets über die letzten fünf Jahre. Die Gefahr besteht, dass wir zum Beispiel in der Fotovoltaik den Anschluss an das internationale Feld verpassen werden. Eine Chance, die wir nicht verspielen sollten.

### Wo empfehlen Sie das Setzen von Prioritäten, um mit dem gegebenen Budgetrahmen sinnvoll wirken zu können?

Wir haben natürlich ein Budget vorge schlagen, das nicht auf diese Gelder angewiesen war. Unser Fokus wird auf den oben erwähnten Gebieten sein, aber mit weniger Mitteln. Wir setzen alles daran, dass unsere Energie-Erzeugung und der Verbrauch nachhaltig wird.

### In diesen Tagen entscheidet das Parlament über das entsprechende Forschungsbudget. Welche Empfehlung möchten Sie den Mitgliedern des Parlaments geben?

Mit den neuen Schwerpunkten der ETHs in den Life Sciences, besteht die Gefahr, dass die Energieforschung weiter reduziert wird. Wir dürfen aber nicht vergessen, dass unsere Wirtschaft empfindlich auf den Preis des Erdöls reagiert. Zunehmend werden diese Preise vorerst durch politische Entscheide und später durch Produktions-Engpässe ansteigen. Wenn wir etwas für die Wirtschaft tun wollen, müssen wir unsere Erdölabhängigkeit massiv reduzieren.

Inzwischen ist die Relation von CO<sub>2</sub> zu den Klimaveränderungen kaum mehr umstritten. Kohlenstoffmonoxid, NO<sub>x</sub> und Russpartikel sind zudem Schadstoffe, die unsere Gesundheit belasten. Dies sind weitere Gründe, um unsere Abhängigkeit vom Öl zu reduzieren. Hier muss man aber auch noch das Erdgas, Methan und andere Stoffe erwähnen, die ausserdem unsere schützende Ozonschicht dezimieren.

Die kürzlich angestiegenen Erdölpreise haben auch soziale Konsequenzen. So sind Strassen von Lastwagen blockiert worden, was unsere Erpressbarkeit aufzeigt und Vorboten sind von dem, was auf uns zukommt, wenn das Öl wirklich knapp wird.

Das alles sind wichtige Gründe, den eingeschlagenen Pfad der erneuerbaren Energien weiter voranzutreiben. Mit der Ablehnung der Energievorlagen sind aber unsere Probleme nicht gelöst, im Gegenteil, sie nehmen uns in die Pflicht, mit mehr Eigenverantwortung zu handeln.

CORE: [www.admin.ch/bfe/d/index](http://www.admin.ch/bfe/d/index)

## Vergleiche schaffen Überblick

Studie über Indikatoren zu ausgewählten kantonalen Energiemassnahmen evaluiert Energiepolitik

### Sven Frauenfelder

c/o Linder  
Kommunikation AG  
CH-8030 Zürich

### Ruedi Meier

BFE-Programmleiter  
Energiewirtschaftliche Grundlagen  
c/o Bolligenstrasse 14 b  
CH-3006 Bern

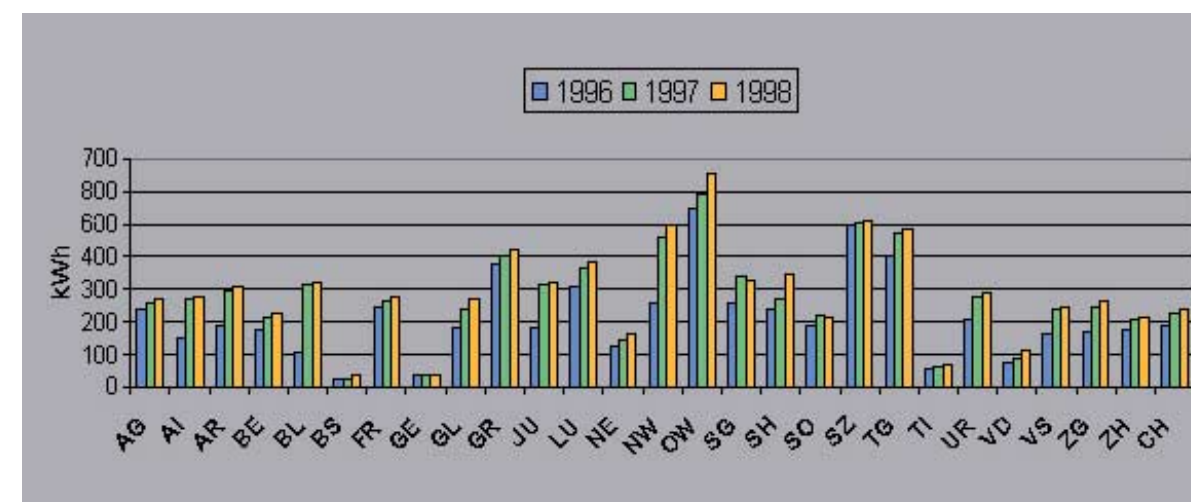
Wie jede andere staatliche Politik muss sich auch die Energiepolitik von Bund und Kantonen an ihren Erfolgen messen lassen. Der Bund hat mit dem Energieartikel seine Ziele generell festgelegt und im Aktionsprogramm Energie 2000 konkretisiert. Auch auf kantonalen Ebene sind in den Energiegesetzen oder kantonalen Energieprogrammen vielfach Ziele gesetzt. Die eingesetzten energiepolitischen Instrumente sollen möglichst effektiv (Wirkung in Bezug auf die gesetzten Ziele) und effizient sein (günstiges Aufwand/Nutzen-Verhältnis). Erfolgskontrollen sind notwendig, um dies zu überprüfen und Lerneffekte für die Verbesserung der Massnahmen zu erzielen.

Eine im Herbst 1996 durchgeführte Umfrage hat aufgezeigt, dass in den Kantonen die Erfolgskontrolle der kantonalen Energiepolitik zwar punktuell durchgeführt,

kontrolle der Konferenz der kantonalen Energiefachstellen hat zwischenzeitlich verschiedene Projekte lanciert, um neue Erkenntnisse zu gewinnen. Ein Projekt betrifft die Indikatoren zu ausgewählten kantonalen Energiemassnahmen.

### Indikatoren für relevante Aussagen

Eine umfassende Erhebung der Daten über die Auswirkungen der Energiepolitik der Kantone ist nicht nur methodisch schwierig, sondern wäre auch sehr aufwändig. Deshalb sind für verschiedene Bereiche Indikatoren definiert worden, die Hinweise auf Entwicklungen geben. So gibt z.B. die installierte Kapazität an Holzschnitzelfeuerungen einerseits einen Hinweis auf die umgesetzte Holzenergiemenge und andererseits können über die Jahre die Auswirkungen der finanziellen Förderung beo-



insgesamt aber doch noch wenig und nicht systematisch angegangen wird. Die Konferenz der kantonalen Energiedirektoren hat die „systematische Evaluation der kantonalen Energiepolitik und die regelmässige Berichterstattung (Audit, Benchmarking, Qualitätssicherung)“ als Programmpunkt aufgenommen. Die Arbeitsgruppe Erfolgs-

bachtet werden. Dazu dient insbesondere auch der Quervergleich mit anderen Kantonen. Um vergleichbare Werte zu erhalten, sind deshalb die Indikatorwerte in der Regel pro Kopf der Bevölkerung bezogen. Dieses Benchmarking darf nicht in erster Linie als Rangliste unter den Kantonen verstanden werden. Es soll vielmehr mithelfen,

Vergleichsgrafik:  
Energie aus Holzschnitzelfeuerungen in kWh/Einwohner.

## Energiepolitik zwischen Nachhaltigkeit und Liberalisierung

Energie- und Umweltprobleme können nicht isoliert gelöst werden, sondern nur im Gleichschritt mit den wirtschaftlichen und sozialen Gegebenheiten. Eine nachhaltige Entwicklung ist damit zu einer Art Richtschnur der modernen Energie- und Umweltpolitik geworden. Mit dem Forum über „Energiepolitik zwischen Nachhaltigkeit und Liberalisierung“ wollte die Universität Fribourg dieses kontroverse Thema aus unterschiedlicher Perspektive beleuchten.

Vertreter der verschiedenen politischen, wirtschaftlichen und wissenschaftlichen Milieus erläutern hier ihre Argumente. Sebastian Schnyder gibt den Rahmen vor zwischen Nachhaltigkeit, Liberalisierung und dem Auftrag der Bundesverfassung. Hans-Luzius Schmid, stv. Direktor des Bundesamtes für Energie, gibt eine Übersicht über die Energiepolitik des Bundes und die aktuellen energiepolitische Vorlagen.

Alt-Staatsrat Peter Bodenmann, Hotelier aus Brig, spricht über eine rasche Liberalisierung und (s-)eine zukunftsweisende Gestaltung des liberalisierten Elektrizitätsmarktes. René Buholzer vom Vorort stellt die Frage nach dem Sinn von neuen Steuern und Subventionen. Anton Bucher, Direktor des VSE erläutert die Stromversorgung in der Schweiz.

Béatrice Langraf von Interwind stellt Gesetze und Fördermassnahmen in Europa vor und leitet daraus Empfehlungen für die Schweiz ab. Charles Olivier, Synetrum AG und Louis Schlapbach, Universität Freiburg, werfen den Blick in die Zukunft. Mit Effizienztechnologien und neuen Materialien zeigen sie Visionen auf, die vielleicht schon bald Realität werden.

Bestellung:  
[www.unifr.ch/environ](http://www.unifr.ch/environ)



*Energieprobleme können nur im Gleichschritt mit den wirtschaftlichen und sozialen Gegebenheiten gelöst werden. Windenergiepark Mont-Crosin (Foto: A. Pfluger, Biel)*

die Gründe für die Unterschiede aufzudecken und die Effektivität kantonaler Massnahmen aufzeigen.

### Erste Auswertungen

Die Daten zur Berechnung der Indikatoren stammen zum einen aus vorhandenen Statistiken und zum anderen aus Datenerhe-

bungen durch die Kantone. In der zweiten Erhebungsrunde haben sich bereits 22 Kantone beteiligt. Anhand von 24 Indikatoren wurden Teilbereiche ausgewählter kantonalen Energiemassnahmen dargestellt. Das Beispiel „Energie aus Holzschnitzelfeuerungen“ verdeutlicht die Methodik.

Die Darstellung der kantonalen Werte zeigt, dass gegenüber dem schweizerischen Durchschnittswert von rund 200 kWh produzierte Wärmeenergie aus Holzschnitzelfeuerungen pro Einwohner einzelne ländliche Kantone (OW, NW, SZ, TG, GR, LU) zwei bis drei mal höhere Werte aufweisen. Städtisch geprägte Kantone (BS, GE) haben – nicht überraschend – sehr tiefe Werte. Ausschlaggebend für die kantonalen Unterschiede sind nicht nur Förderprogramme einzelner Kantone, wesentlich ist auch die Bedeutung der Holzindustrie, da viele holz-



## Nachhaltiger Freizeitverkehr

Im Rahmen des nationalen Forschungsprogramms 41 – Verkehr und Umwelt, wurde auf das Thema „Nachhaltiger Freizeitverkehr“ eingehend bearbeitet. Rund 60% des Gesamtverkehrs in der Schweiz fällt auf die Freizeitmobilität. Weitere rund 40 Milliarden Kilometer werden in der Freizeit im Ausland – vor allem mit dem Flugzeug – zurückgelegt. Die Untersuchung geht den zentralen Einflussfaktoren und Rahmenbedingungen nach und zeigt die gegenseitigen Abhängigkeiten auf. Beispielsweise die Vorbestimmung der Verkehrsmittelwahl aufgrund der Wohn- und Freizeitstandorte.

Die Fachmesse Orbit und Messe Basel mit ihren Kombi-Billetts sowie weitere Massnahmen, wie Parkplatzbewirtschaftungen, dienen als Fallstudien. Noch ist dieses Potenzial im Blick auf die Fülle an vergleichbaren Veranstaltungen und Messen nicht ausgeschöpft; der Bekanntheitsgrad und der Einsatz eines umfassenden Verkehrsmanagements (bei Events) können noch ausgebaut werden.

Die Bilanz zeigt, dass nicht nur Potenziale für einen nachhaltigen Freizeitverkehr vorhanden sind, sondern wirksame und effiziente

Massnahmen ergriffen werden können, welche ökologische, wirtschaftliche und soziale Ziele der Nachhaltigkeit unterstützen.

Nachhaltiger Freizeitverkehr  
Ruedi Meier  
[www.ruedimeier.ch](http://www.ruedimeier.ch)  
Verlag Rüegger, Chur / Zürich  
[www.rueggerverlag.ch](http://www.rueggerverlag.ch)

verarbeitende Industriebetriebe in den letzten Jahren Nahwärme-Netze aufgebaut haben, um das vorhandene Restholz verwerten zu können. In den Westschweizer Kantonen haben Holzschnitzelfeuerungen erst in den letzten Jahren eine grössere Bedeutung erhalten (z.B. Förderprogramme in den Kantonen NE und FR), so dass die momentane Nutzung noch vergleichsweise tief liegt.

Neben den Indikatoren, welche die Entwicklungen bei den einzelnen Energieträgern (wie z.B. Erdgas, Biogas, KVA-Abwärme) resp. Technologien (wie Wärme-Kraft-Kopplung) abbilden, befassen sich andere Indikatoren mit dem Output der kantonalen Energiepolitik (Investitionen in Pilotanlagen, Förderbeiträge für erneuerbare Energien, verteilte Informationsschriften usw.). Die Auswertungen stehen noch am

Anfang. Erst längere Zeitreihen und vertiefte Untersuchungen über die interkantonalen Unterschiede bei den getroffenen Massnahmen können plausible Erklärungen für unterschiedliche Entwicklungen abgeben.

Bezug des Berichts:  
Indikatoren zu ausgewählten kantonalen Energiemassnahmen – 2. Auswertung.

[valerie.zwahlen@bfe.admin.ch](mailto:valerie.zwahlen@bfe.admin.ch)

### Internet-Links

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



# Wasserstoff wird sonniger

Vernetztes Wissen als Basis einer breiten Palette von Applikationen

**Armin Reller**

BFE-Programmleiter  
Solarchemie/  
Wasserstoff

**Alphons**

**Hintermann**  
BFE-Bereichsleiter  
Wasserstoff-  
technologie

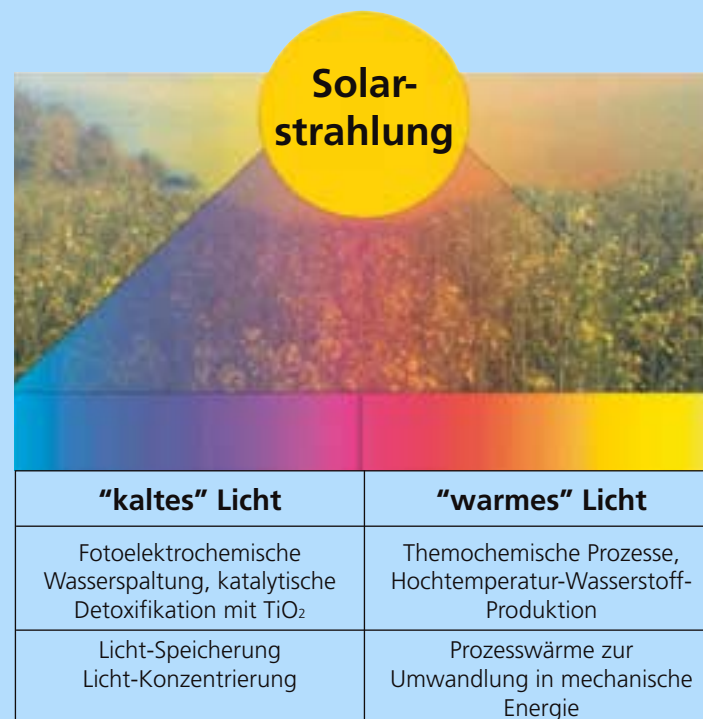
Ziel der Solarchemie-Forschung ist die effiziente Umwandlung von Solarstrahlung in Prozessenergie und in chemische Energieträger, wie Wasserstoff, Methanol, Metalle usw.

## Synergien erweitern die Nutzungsmöglichkeiten der Solarchemie

In den vergangenen 20 Jahren konnten weltweit enorme Fortschritte in der wissenschaftlichen Grundlagenforschung und bei verfahrenstechnischen Entwicklungen der effizienten Umwandlung von Sonnenenergie in nutzbare Energieformen verzeichnet werden. Dabei waren Energiebereitstellungs- inkl. Speicher- und Transportaspekte stets im Mittelpunkt des Interesses. Heute stehen wir vor einem Integrationsprozess der verschiedenen Aspekte mit klarer Ausrichtung auf die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten dieser Entwicklungen. Bei den solarchemischen Prozessen werden somit die Nutzungsmöglichkeiten technologischer und wirtschaftlicher Synergien von immer grösserer Bedeutung. Dank einer sinnvollen Vernetzung der Erkenntnisse, Verfahren und Anwendungen wird eine neue Sicht auf das enorme künftige Anwendungspotenzial erkennbar.

## Von der Tradition zur Solarstrahlung

Die traditionelle Herstellung von Wasserstoff erfolgt beispielsweise durch die Reduktion von Wasser mit Kohle, durch petrochemische Prozesse oder durch die elektrolytische Spaltung von Wasser. Das Anwendungsspektrum von Wasserstoff ist sehr gross, z.B. als Grundchemikalie in der chemischen und petrochemischen Industrie, als Treibstoff oder als Füllgas für Ballons. Da Wasserstoff ein sekundärer Energieträger ist, d.h. unter Einsatz anderer Energieträger bereitgestellt werden muss, bildet seine solar unterstützte Synthese eine sehr attraktive und insbesondere nachhaltige Option. Dabei kann die Nutzung von „kaltem“ und/oder „warmem“ Lichtanteilen von



Vorteil sein: Während mit fotoelektrochemisch arbeitenden Systemen durch Wasserspaltung bei Umgebungstemperatur direkt Wasserstoff erzeugt werden kann, erlaubt die Hochtemperatur-Solarchemie mit der thermochemischen Wasserspaltung oder anderen thermochemischen Prozessen die effiziente Herstellung einer umfangreichen Palette technisch interessanter Produkte: Kalk und Zement durch Brennen entsprechender mineralischer Ressourcen, Metalle aus der Reduktion von Erzen (z.B. Zink) oder auch keramische Funktionsmaterialien, Kohlenstoff-Nanotubes als neuartige Speichermedien usw.

*Integration und Vernetzung von Erkenntnissen und Verfahren ergibt eine breite Palette an neuen Nutzungsmöglichkeiten der Solarstrahlung.*

# Elemente in Verbindung bringen

Direkte Nutzung der Solarstrahlung zur dezentralen Wasserversorgung

Die Entwicklungsgeschichte der Bomin Solar Research GmbH in Lörrach, ein Tochterunternehmen der Zuger Bomin Solar Holding, basiert auf physikalischen und elektronischen Innovationen, unter anderem auch für die Raumfahrttechnik. Inspiriert von eigenen Aufenthalten in südlichen Ländern und den vorangegangenen Forschungsaktivitäten, z.B. französischer Solarpioniere in Algerien, hat sich das Team auf die Entwicklung fortschrittlicher Solarsysteme spezialisiert, die neue Ideen und kostengünstige Materialien vereinen. Als eines der ersten erfolgreichen Resultate wurde der „pneumatische“ Solarkonzentrator entwickelt, der eine Folienmembran nutzt, die unter Vakuum ihre gewünschte Formung erhält. Diese leicht gewichtigen Spiegel mit präziser Optik und geringeren

Herstellkosten haben in extremem Wüstenklima ihre Tests bestanden. Inzwischen sind mehrere neue Entwicklungen zur Nutzung der Solarstrahlung hinzugekommen. Förderungen der EU sowie neuerdings des BFE unterstützen diese Aktivitäten.

## Jürgen Kleinwächter, Geschäftsführer, erläutert die innovativen Strategien der Bomin Solar Research GmbH:

Ausgangspunkt war einerseits, vorhandene Entwicklungen einfacher und kostengünstiger zu bauen. Unser Folienkonzentrator ist dazu ein gutes Beispiel, konnten wir doch auf einfache Weise teure Spiegelflächen aus Glas und entsprechend massive Konstruktionen ersetzen. Nur durch extremen Leichtbau können die notwendigerweise gross flächigen Solarsysteme auf konkurrenzfähige Gewichts-/Leistungsverhältnisse gebracht werden. Andererseits sind die Möglichkeiten multifunktionaler Anwendungen konsequent zu verfolgen. Wir wollen die komplexen Zusammenhänge sichtbar machen und effiziente Lösungen schaffen. Die Energiefragen lauten beispielsweise in der Dritten Welt anders als in Mitteleuropa. Deshalb gehen unsere Anstrengungen auch dahin, sinnvolle Techniken für weltweiten Einsatz zu finden. Die Konzentration der Sonnenstrahlung haben wir weiter geführt, um unterschiedlichsten Nutzen ziehen zu können, beispielsweise für Licht, Strom, Wärme, Energiespeicherung usw. Wir haben dabei auch Hybridsysteme entwickelt, die sowohl das direkte als auch das diffuse Sonnenlicht nutzen können.

## Welche Projekte haben Sie in den vergangenen Jahren durchgeführt?

Ausgehend vom Folienkonzentrator haben wir die SolarBox geschaffen, die als Warmwassersystem arbeitet. Sie umfasst drei Elemente: Kunststoffbox, Folienbehälter und Steuerung. Wesentliches Charakteristikum ist die 100 µm dicke Fluor-Polymer-Folie, die das gesamte Lichtspektrum inkl. UV-Strahlung durchlässt und somit einen höheren Wirkungsgrad erzielt. Damit verbunden



Jürgen Kleinwächter, Geschäftsführer der Bomin Solar Research GmbH, verfolgt multifunktionale Solar-Technologien.

## Internet-Links

Das Paul Scherrer Institut befasst sich stark mit Solarchemie-Forschung  
[www.psi.ch](http://www.psi.ch)

Die Aktivitäten der Internationalen Energie-Agentur IEA im Hochtemperatur-Solarbereich sind im Programm SolarPACES zu finden:  
[www.SolarPACES.org](http://www.SolarPACES.org)

Grundlagenforschung zum Absorber 2000 bei der ESCA-Gruppe des Instituts für Physik der Uni Basel  
<http://monet.physik.unibas.ch/oelhafen>

Homepage der Bomin Solar Research GmbH  
[www.bominsolar.com](http://www.bominsolar.com)



ist auch die Desinfektionswirkung und Keimtötung im Wasser. Die 250 Liter fassende SolarBox kann für die Warmwassererzeugung für Haushaltungen, Hotel, Camping, Schwimmbad usw. eingesetzt werden.

In Zusammenarbeit mit dem Max-Planck-Institut arbeiten wir auch an der Wärmespeicherung durch Magnesiumhydrid ( $\text{MgH}_2$ ), das in einem geschlossenen System erhitzt wird und dadurch Wasserstoff freigibt. Der beachtliche reversible Umwandlungsfaktor von thermochemisch gespeicherter Solarenergie in Hochtemperaturwärme dient dazu, rund um die Uhr produzierende Sonnenkraftwerke, z.B. in Verbindung mit einem Stirling-Motor, zu realisieren.

**Damit sind wir bei einem Hauptthema Ihrer Forschungsarbeiten, dem Stirling-Motor. Welchen Weg haben Sie hierbei gewählt?**

Wir befassen uns seit Jahren mit dieser Technologie und haben in den letzten Jahren mitgeholfen, kurbelwellenlose, selbststartende Maschinen zu entwickeln. Die Vorzüge dieses bereits 1817 eingeführten Motors konnten nie richtig genutzt werden. Die Entwicklung hin zur Hochtemperaturvariante brachte immer wieder neue Probleme mit sich. Wir gingen deshalb in die entgegen gesetzte Richtung: niedrige Temperaturen und Frequenzen, einfachere Bauart und als Resultat einen höheren Wirkungsgrad. SunPulse war unser Durchbruch im Stirling-Bereich. Denn mit tieferen Betriebstemperaturen können wir die Solarstrahlung direkt nutzen und im mittleren Temperaturbereich unsere thermochemischen Speicher einsetzen.

**Wozu kann SunPulse verwendet werden?**

Da hier auf direktem Weg Solarstrahlung in mechanische Energie umgewandelt wird, kann SunPulse water als Pumpe für Trinkwasser und für landwirtschaftliche Bewässerungen eingesetzt werden, SunPulse cooling hingegen für die Raumkühlung und für Nahrungsmittel-Kühlräume. SunPulse atmet; die Sonne erwärmt die Luft im Innern und setzt den Austausch der warmen und

kalten Luft in Bewegung. Durch den entstehenden Druck wirkt der untere, bewegliche Teil von SunPulse mit einer Fläche von  $1 \text{ m}^2$  auf die Pumpe. Dadurch erzeugen wir 150 – 180 W Pumpleistung. Ein wesentlicher Vorteil ist jedoch die wirtschaftliche Herstellung der Konstruktion, wodurch eine lokale Produktion möglich wird.

**Haben Sie weitere Entwicklungen für eine Nutzung im Sonnengürtel der Erde durchgeführt?**

Beispielsweise SolarEnvelope, für Anwendungen bei Gewächshäusern. Hier wird die

gesamte Solarstrahlung zunächst durch die Folienabdeckung gelassen, dann aber mit Fresnel-Linsen auf Fotovoltaikzellen konzentriert. Als Resultat wird ein wesentlich kleineres Fotovoltaikmodul benötigt; durch die aktive Kühlung dieser Zellen wird Warmwasser erzeugt. Die darunter liegenden Pflanzen erhalten optimal blendfreies Diffuslicht bei gleichzeitiger Kühlung, da ein Grossteil der Solarenergie in Form von Strom und Wärme abgeführt wird. Dies ergibt positive Wachstumseffekte.

Mit einem neu entwickelten Solarofen können in tropischen Gegenden Gemein-

*SunPulse – die solar betriebene Stirling-Maschine mit niedriger Frequenz als Wasserpumpe.*



**Welche Visionen haben Sie im Blick auf die Nutzung der Solarenergie?**

Die Sonnenstrahlung kommt verdünnt zur Erde. Wenn wir in der Lage sind, diese optimal zu konzentrieren und die verschiedenen Spektralbereiche jeweils simultan zu nutzen (Produktion von Strom, Wärme, Licht), lässt sich die Effizienz deutlich steigern. Das haben wir mit unseren ersten Konzentratoren gemacht und auf dieser Basis entwickeln wir weiter. Doch dazu braucht es auch Partnerschaften und Zusammenarbeit spezialisierter Unternehmen, damit eine sinnvolle Umsetzung der Innovationen möglich ist. Wir wollen weiterhin die fotochemischen Prozesse nutzen und die nötige Technik möglichst einfach gestalten. Dadurch nähern wir uns in gewisser Weise der Natur, deren Prinzip ökologisch und somit ökonomisch und multifunktional ist.



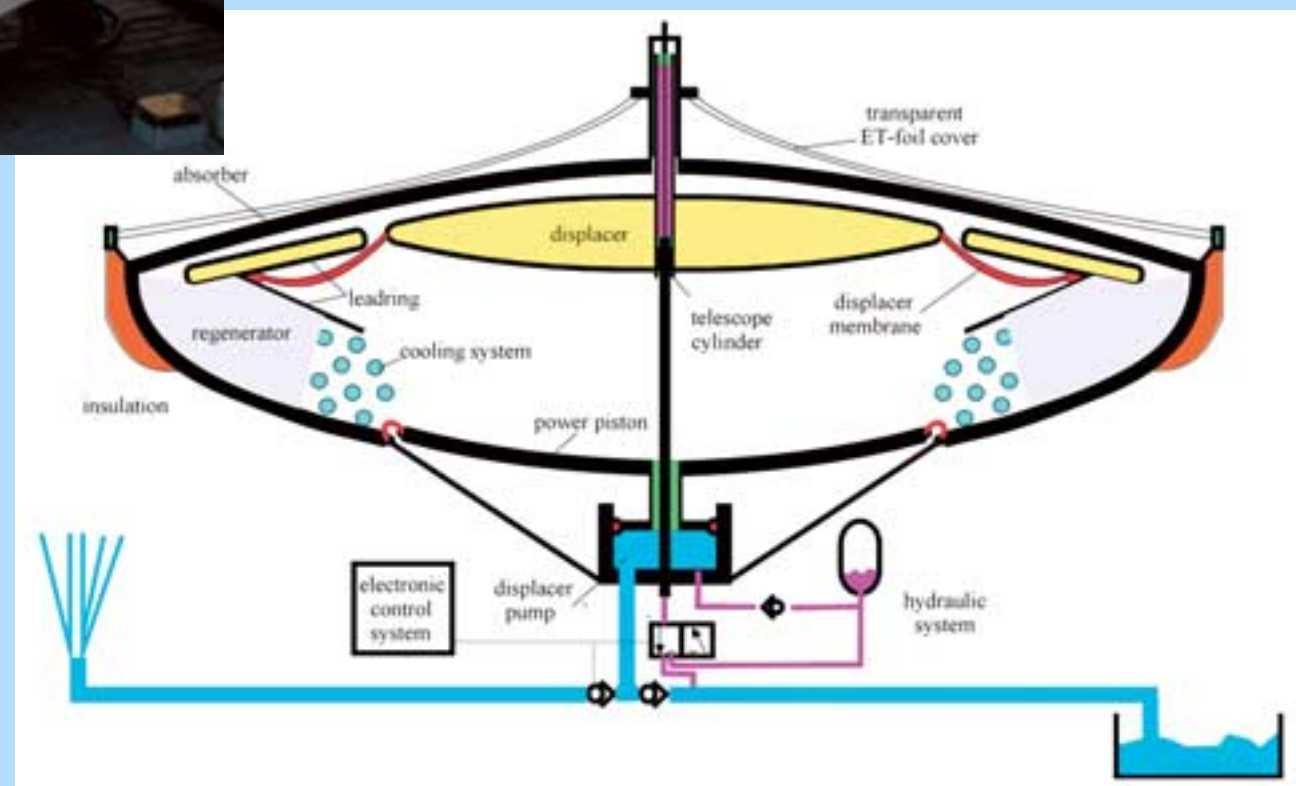
*Das Treibhaus SolarEnvelope fokussiert die Sonnenstrahlung und ermöglicht mit dem diffusen Licht positive Wachstumseffekte für die Pflanzen.*

schaftsküchen betrieben werden. Das in einem leistungsstarken Kollektor erwärmte Erdnussöl wird direkt zur angegliederten, voll isolierten Kochstelle mit eingebauten Pfannen im Haus geleitet. Demselben Speicher kann eine kleine SunPulse-Stirling-Maschine angeschlossen werden. Auch hier ein Beispiel für eine lokale Fertigung und den Einsatz örtlicher Erzeugnisse.

*Dank einfacher Konstruktion lässt sich SunPulse auch in lokaler Produktion in einem Dritt-Welt-Land herstellen.*

## Lichtleiter mit Flüssigkeit

Ein flexibler Polymerlichtleiter mit Flüssigkeitsfüllung ermöglicht, das durch einen mit einer Fresnel-Linse ausgestatteten Konzentrator erhaltene Licht in ein Gebäude zu führen und an beliebiger Stelle zu nutzen. Mit einem Querschnitt von einigen Quadratzentimetern wird die Lichtmenge geleitet, die sonst durch ein Fenster hereinkommt. Das Kühlsystem von SolLux separiert das heiße und kalte Spektrum der Solarstrahlung, und lässt das kühle Licht in den Leiter.





# Die Sonne scheint überall

Fotovoltaik in weltweitem, dezentralen Einsatz nutzt bewährte Technik

## Stefan Nowak

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

## Urs Wolfer

BFE-Bereichsleiter für  
Solartechnologien

Die Fotovoltaik-Technologie ist dank der modularen Bauweise auch besonders für dezentrale Anwendungen im unteren Leistungsbereich geeignet. Somit können unterschiedlichste Einsatzmöglichkeiten in nicht vernetzten Gebieten von Entwicklungsländern sinnvoll genutzt werden, um die rund 2 Milliarden Menschen ohne elektrischen Strom mit grundlegenden Energiedienstleistungen zu versorgen.

Das Projekt Task IX, 1999 im Rahmen des IEA-Fotovoltaik-Programms gestartet, beleuchtet zum einen nicht-technische Aspekte und die Infrastrukturentwicklung. Kritische Hindernisse zur weiteren Marktentfaltung und Technologieumsetzung sollen durch das Erstellen, Verteilen und Anwenden von empfohlenen Praxisanleitungen

sollen zusammen mit dem Potential der Fotovoltaik in Entwicklungsländern präzisiert werden.

Das Projekt wird in der Schweiz vom Staatssekretariat für Wirtschaft (seco) unterstützt. Der Vertreter in Task IX ist Alex Arter, entec AG, CH-9000 St. Gallen.



Solaranlage in der Mongolei (links).

Fotovoltaik in ländlicher Umgebung bei den Frauen in Elgaa, Äthiopien (unten).



Schneider in Indien, Einkommen mit Hilfe von Solarzellen.  
(Fotos: IT power, UK)

abgebaut und die Infrastruktur in den Entwicklungsländern gefördert werden. Zum zweiten wirkt Task IX auf die Unterstützung und Zusammenarbeit mit multilateralen und bilateralen Organisationen. Technisches und ökonomisches Potential, Projektgelegenheiten sowie bewährte Praxis von Fotovoltaik-Anlagen sollen den Zielgruppen besser bekannt gemacht werden, so dass Kenntnisse und Erfahrungen zunehmen. Und schliesslich verfolgt es technische und ökonomische Aspekte. Diese

## Internet-Links

IEA PVPS – Fotovoltaik-Programm der internationalen Energie-Agentur  
[www.iea-pvps.org](http://www.iea-pvps.org)

Informationen über entec in St. Gallen – Schweizer Task-IX-Vertreter  
[www.entec.ch](http://www.entec.ch)

Informationen über IT Power Ltd. in England (Operating Agent Task IX)  
[www.itpower.co.uk](http://www.itpower.co.uk)

## SUN21: Der Sonne entgegen

Die 3. internationale Woche für nachhaltige Energiezukunft fand vom 19. – 23. September 2000 in Basel statt. Mobilitätsfragen, insbesondere der Luftverkehr, Finanzierungsmöglichkeiten einer nachhaltigen Energieproduktion, Solarnutzung und die weltweite Zusammenarbeit standen



den im Mittelpunkt dieser, u.a. auch vom Bundesamt für Energie unterstützten Aktionswoche.

## Solarzellen-Forschung in Neuchâtel und Berlin

Im Vorfeld der SUN21 wurden bei einem Seminar die neuesten Entwicklungen bei den Dünnschichtsolarzellen vorgestellt:

Arvind Shah, Institut de Microtechnique, Uni Neuchâtel, informierte über die Anwendungsmöglichkeiten der Trägermaterialien Stahlfolie und Polyamid.  
[www-micromorph.unine.ch](http://www-micromorph.unine.ch)

Martha Lux-Steiner stellte die Aktivitäten am Berliner Hahn-Meitner-Institut vor: die Forschung im Bereich der Solarzellen-Herstellung und Optimierung sowie die Entwicklung von kostenoptimierten Zellen mit Chalkopyritschichten.  
[www.hmi.de](http://www.hmi.de)

## Solar Combi-systems

Die Broschüre „Solar Combissystems“ schafft Überblick im Bereich der Technologie zur Warmwassererzeugung und Heizung mit Solarwärme. Durch eine systematische Darstellung der in acht europäischen Ländern produzierten und eingesetzten Anlagen wird eine optimale Vergleichsmöglichkeit geschaffen.



Das Dokument ist im Rahmen des internationalen Task 26 des IEA-Programms „Solar Heating and Cooling“ durch eine Expertengruppe aus verschiedenen Ländern unter der Leitung von Jean-Marc Suter, Suter Consulting, CH-3000 Bern 16, realisiert worden. Ziel des Task 26 ist die Weiterentwicklung und Optimierung der solaren Kombisysteme für Ein- und Mehrfamilienhäuser sowie Gruppierungen davon. Die Broschüre präsentiert Systeme, die bereits zuverlässig eingesetzt werden.

Der Task 26 für Solarwärmenutzung mit Kombisystemen ist ein IEA-Projekt  
[www.iea-shc.org/task26](http://www.iea-shc.org/task26)

Autorenteam: Jean-Marc Suter (CH), Werner Weiss (A), Thomas Letz (F).  
Solar Combi-systems ist bei ENET zu beziehen.

## Jean-Christophe Hadorn

BFE-Programmleiter  
Solarwärme (F + E)  
c/o Hadorn Conseils,  
CH-1035 Bournens

## Pierre Renaud

BFE-Programmleiter  
Solarwärme (P + D)  
c/o Planair,  
CH-2314 La Sagne

## Urs Wolfer

BFE-Bereichsleiter  
für Solartechnologien

## Merkblatt „Sonne & Co.“



Swissolar, das Netzwerk für Wärme und Strom, hat ein neues Merkblatt zum Thema Heizung und Warmwasser herausgegeben. Darin werden die Argumente für ein solares Warmwasser- und/oder Heizungs-System aufgezeigt und wichtige Hinweise zu Baubewilligung, Förderbeiträgen, Produktqualität geliefert. Im Weiteren vermittelt das Merkblatt entsprechende Zahlenkennwerte zu Kosten, Ertrag und Kollektorfläche.

Bezug: Tel. 0848 000 104  
[www.swissolar.ch](http://www.swissolar.ch)



# Wärmepumpenprozess für die Heizungssanierung

In der ersten Entwicklungsphase eine Lösung mit Economizer und Zwischendruckansaugung

## Martin Zogg

BFE-Programmleiter  
Umgebungs- und Abwärme, Wärme-Kraft-Kopplung (UAW)

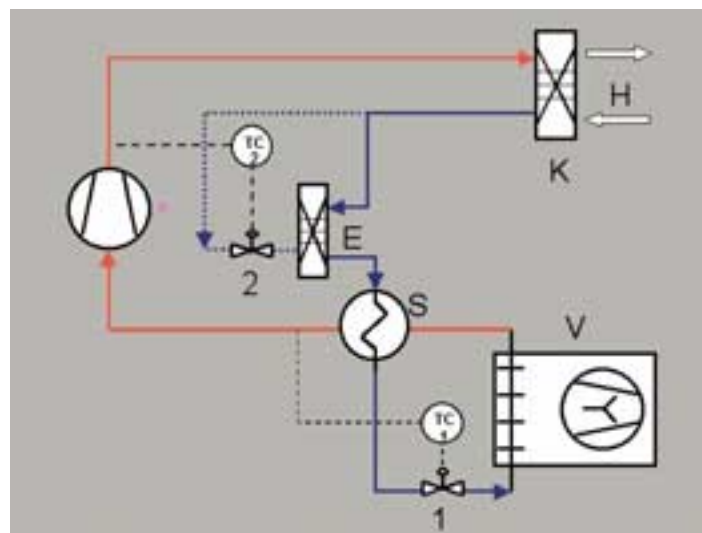
## Fabrice Rognon

BFE-Bereichsleiter  
Umgebungswärme

Im Hinblick auf die Entwicklung einer Wärmepumpe für den im Sanierungsmarkt erforderlichen hohen Temperaturhub wurde ein Wärmepumpenprozess mit Sauggasüberhitzer und Zwischenansaugung mit Economizerschaltung untersucht. Als Besonderheit wurde ein Prototyp eines Scroll-Verdichters mit einer dem grossen Volumenstrom der Zwischenansaugung beim Wärmepumpenbetrieb angepassten Ansaugöffnung eingesetzt. (Heute sind kommerziell nur Scroll-Verdichter mit zu kleinen Zwischenansaugöffnungen für die Flüssigkeitseinspritzung verfügbar.) Als Kältemittel wurde R407C verwendet.

Im Forschungsbericht wird die Abhängigkeit der Leistungszahl, der Wärmeleistung und der Kompressorausstrittstemperatur von dem bei Zwischendruck angesaugten Massenstrom aufgezeigt. Die Zwischenansaugung bringt bei hohen Temperaturhuben nebst der für den einwandfreien Verdichterbetrieb wichtigen Reduktion der Austrittstemperatur Verbesserungen der Leistungszahl bis zu 15% (Luft  $-7^{\circ}\text{C}$ , Wasser  $60^{\circ}\text{C}$ , beim Zwischendruck angesaugter Massenstrom ca. 30% des Gesamtmassenstroms). Die Verbesserung der Wärmeleistung durch die Zwischenansaugung erreicht bei hohen Temperaturhuben gegenüber konventionellen Wärmepumpenprozessen bis 30%. Mit abnehmendem Temperaturhub wird die Erhöhung der Leistungszahl und der Wärmeleistung geringer. Ohne Enteisung wurden mit der Versuchsmaschine bei einem optimalen Verhältnis von Zwischendruck- zu Gesamtmassenstrom von rund 30% Gütegrade (Verhältnis der realen Wärmepumpenleistung zur Wärmeleistung einer nicht realisierbaren idealen Wärmepumpe) von 40% bis 45% erreicht.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass der untersuchte Prototyp eines neuen



Scroll-Verdichters mit (im Gegensatz zu kommerziell erhältlichen Typen) für die Zwischenansaugung richtig dimensionierter Zwischenansaugöffnung für den Wärmepumpen-Sanierungsmarkt vielversprechend ist. Er vermag den bei konventionellen Kleinwärmepumpenprozessen störenden Abfall der Heizleistung bei hohem Temperaturhub wesentlich abzuschwächen. Für den effizienteren Einsatz von Wärmepumpen im Sanierungsmarkt ist zu hoffen, dass dieser Verdichterprototyp bald Eingang in die Serieproduktion finden wird.

Untersuchte Prozessvariante für Wärmepumpen mit grossem Temperaturhub mit Sauggasüberhitzer S und Zwischendruckansaugung mit Economizer E. H Wärmeabgabe an Heizung, K Kondensator, V Verdampfer mit Umgebungsluft als Wärmequelle, 1 thermostatisches Expansionsventil für Hauptstrom, 2 Expansionsventil für Nebenstrom.

Schlussbericht:  
F. Brand, M. Zehnder, D. Favrat:  
Pompe à chaleur à haute température, Phase 1: Solution avec compresseur à injection vapeur, BFE 2000.  
Bezug:  
[www.waerpumpe.ch/fe](http://www.waerpumpe.ch/fe)  
Rubrik „Berichte“ oder bei ENET, Nr. 9934445.

## Neue Wege zur Heizungssanierung mit Wärmepumpen

Am 8. Mai 2001 findet im Auditorium der HTA Burgdorf die 8. UAW-Tagung des BFE-Forschungsprogramms Umgebungs- und Abwärme, Wärme-Kraft-Kopplung statt. Für den Ersatz alter Heizkessel und Elektrozentralheizungen wurde eine neue Generation von Wärmepumpen entwickelt. Diese begnügt sich sogar bei den im Sanierungsbereich hohen Heizungstemperaturen mit Luft als Wärmequelle. Die Tagung wird ein realistisches Bild über die derzeitigen und künftigen Möglichkeiten vermitteln.

## Swiss Retrofit Heat Pump: Entscheid für die Felderprobung

Die für die Ausscheidung zur Swiss Retrofit Heat Pump (SRHP) eingereichten vier Funktionsmuster wurden im Sommer 2000 durch Messungen im Wärmepumpen-Testzentrum Töss geprüft und einer detaillierten Kostenanalyse unterzogen.

Von den eingereichten Funktionsmustern kam dasjenige der Firma KWT, Kälte-Wärme-Technik, in Belp, den Anforderungen des Bundesamts für Energie an eine Wärmepumpe für den Sanierungsmarkt am nächsten. Da die KWT-Lösung einen deutlichen Entwicklungsschritt für Heizungssanierungen mit Wärmepumpen darstellt, wurde das Funktionsmuster der Firma KWT von der durch das BFE eingesetzten Jury einstimmig für die Felderprobung in der Heizsaison 2000/01 ausgewählt.

Der Gewinner der SRHP-Ausscheidung wird erst nach erfolgreich bestandener Felderprobung bestätigt. Die anderen Teilnehmer an der Ausscheidung haben ebenfalls mit grossem Einsatz interessante Lösungen realisiert. Sie konnten aber leider für die Felderprobung nicht mehr berücksichtigt werden.

## Informieren und fördern

### Dokumentationen für Interessierte

Das PACER-Programm unterstützte zwischen 1990 und 1995 die Betreiber von Kleinwasserkraftwerken mit Publikationen über Bau und Betrieb, Dimensionierung, Regelung und Sicherheit solcher Anlagen sowie mit kantonalen Informationsblättern. Das Programm DIANE zeichnete sich aus durch Grundlagenarbeit, Öffentlichkeitsarbeit sowie Informationen und Beratung. Mit diesen Dokumenten können sich Interessierte nach wie vor optimal einen Überblick über die aktuelle Technik und die relevanten Zusammenhänge verschaffen.

### Hanspeter Leutwiler

BFE-Programmleiter  
Kleinwasserkraftwerke  
c/o ITECO  
Ingenieurunternehmung AG,  
CH-8910 Affoltern am Albis

### Martin Rügsegger

BFE-Bereichsleiter  
Kleinwasserkraftwerke

Informationen und Beratung sowie Bezug von PACER- und DIANE-Publikationen:

- Nova Energie  
Aarau und Tänikon  
[www.infoenergie.ch](http://www.infoenergie.ch)
- Studioenergia  
Avegno  
Tel. 091/796 36 03
- Stiftung Kleinturbinenlabor  
MHylab  
Montcherand  
[www.ambios.ch/mhylab](http://www.ambios.ch/mhylab)
- EDMZ Bern  
[www.admin.ch/edmz](http://www.admin.ch/edmz)
- Publikationen, Merkblätter, Formulare und Statistik zu Kleinwasserkraftwerken  
[www.smallhydro.ch](http://www.smallhydro.ch)



### Förderbeiträge an Planungsarbeiten bei Kleinprojekten

Als Unterstützungsmassnahme werden Förderbeiträge für Vorstudien für Pico-Kraftwerksprojekte gewährt. Im Weiteren lassen sich neu auch Beiträge an Arbeiten bis hin zum Bewilligungsprojekt beantragen.



# Modellieren statt messen

Entwicklung neuer Hilfsmittel für die Standort-Evaluation

**Stefan Kunz,  
Johannes Sander**  
c/o Meteotest  
CH-3012 Bern

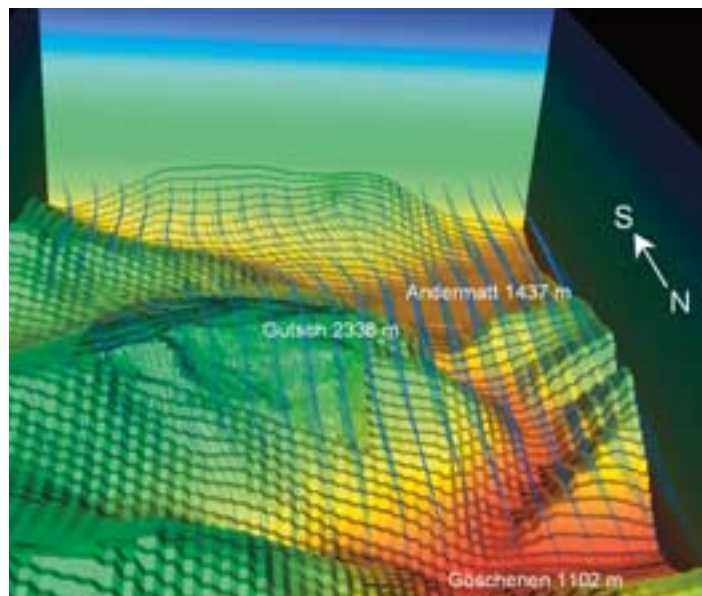
**Robert Horbaty**  
BFE-Programmleiter  
Windenergie  
c/o ENCO,  
CH-4438  
Langenbruck

Ein grosses Hindernis bei der Entwicklung der Windenergienutzung im Gebirge stellt der enorme Aufwand zur Prognose des Ertrags dar. Dies gilt in besonderem Masse auch für die Schweiz. Die einzige verlässliche Methode besteht bis heute darin, am geplanten Standort mit einem hohen Messmasten während mindestens einem Jahr den Wind zu erfassen. Durch Vergleiche mit Messungen an ähnlichen Orten wird der mögliche Ertrag einer Windkraftanlage hochgerechnet. Dieses Verfahren ist aufwändig. Deshalb sind neue Methoden erwünscht, welche ausschliesslich auf Berechnungen von bereits erhobenen Daten beruhen. Bis anhin wurden solche nur in Ansätzen an Hochschulen entwickelt.

## Winddaten auf Berechnungsbasis

Das Bundesamt für Energie (BFE) fördert seit Jahren die Nutzung der Windenergie in der Schweiz. Über die Informationsstelle Suisse-Eole werden beispielsweise Winddaten für Projektentwickler, Ingenieure und Interessenten bereitgestellt. Für diese Aufgabe wurde die Berner Firma Meteotest beauftragt.

Aus einer Machbarkeitsstudie erkennt man, wie die lokalen Windverhältnisse um den Gütsch durch die Topographie stark beeinflusst werden. Die blauen Linien folgen der Richtung des Windes.



*Internet Meteo meets Energy bietet detaillierte Informationen zur Windprognose.*

In Zusammenarbeit mit dem Swiss Center for Scientific Computing SCSC/ETHZ in Manno und mit Unterstützung des BFE entwickelt Meteotest nun ein Verfahren, welches ohne Messungen eine Ertragsprognose ermöglicht. Auf der Basis industrieller Strömungsmodelle werden Windverhältnisse in komplexer Topografie in ähnlicher Qualität bestimmt, wie sie durch eine aufwändige Messkampagne erreicht werden kann. Auch die Abschattungen des Windes in Windparks lassen sich besser abschätzen als dies bisher im Gebirge möglich war.

## Für eine raschere Beurteilung

In Zukunft wird der Modellierung für Standortanalysen eine immer grössere Bedeutung zukommen. Eine raschere Beurteilung unterstützt die mögliche Realisierung einer Windenergieanlage. Zudem kann man feststellen, dass neue Windparks auch im Ausland immer häufiger im Gebirge geplant und gebaut werden.

## Internet-Links

Meteotest mit allen Dienstleistungen und Produkten  
**www.meteotest.ch**

Vereinigung für Windenergie mit Winddaten der verschiedenen Messstationen unter „Service“  
**www.suisse-eole.ch**

# Mit Feuer bei der Sache

Forschungsprojekte unterstützen die Minimierung der Schadstoff-Emissionen

**Thomas Nussbaumer**  
Forschungsprojekte  
c/o Verenum,  
CH-8006 Zürich

**Christoph-Walter Rutschmann**  
BFE-Programmleiter  
Holz (P + D),  
c/o VHe,  
CH-8008 Zürich

**Daniel Binggeli**  
BFE-Bereichsleiter  
Holz

Im Energiemix spielen die erneuerbaren, einheimischen und zugleich CO<sub>2</sub>-neutralen Energieträger eine wichtige Rolle. Dabei hat Holz seit 1990 – dem Start des Aktionsprogramms Energie 2000 – laufend an Bedeutung und an Marktanteilen dazu gewonnen. Mehrere Faktoren haben hierbei positiv beigetragen: z.B. Sensibilisierung für die Holzenergie, Entwicklungen im Gerätebereich, Unterstützungsmassnahmen und nun auch das Förderprogramm für Lothar-Holz.

Der aktuellen Jahresnutzung von ca. 2,5 Mio. m<sup>3</sup> Energieholz steht ein Potenzial von rund vier bis fünf Mio. m<sup>3</sup> gegenüber. Damit ergibt sich ein beachtlicher Entwicklungsrahmen für die kommenden Jahre. Eine zentrale Voraussetzung für eine zunehmende Nutzung der Holzenergie sind jedoch moderne Feuerungstechnologien, die eine bequeme, effiziente und zugleich umweltschonende Verbrennung erlauben. Grundlage bilden dazu Forschungsarbeiten, wie die beiden folgenden Beispiele:

## Auslegungsgrundlagen für Holzfeuerungen

Bei der theoretischen Untersuchung von Holzfeuerungen mit Hilfe numerischer Methoden stellt sich das Problem, dass für die Umsetzung des Brennstoffs im Festbett kein allgemein gültiges Berechnungsmodell existiert. Am Laboratorium für Thermodynamik in Neuen Technologien (LTNT) der ETHZ wurde deshalb ein Simulationsmodell des Verbrennungsvorgangs in Vorschubrost- und Unterschubfeuerungen erarbeitet. Das Modell ermöglicht die Beschreibung von Partikelabbrand sowie Bewegung und Durchströmung des Brennstoffbetts und damit die Berechnung der Brennstoffumsetzung auf einem Rost.

## Grundlagen der Aerosolbildung in Holzfeuerungen

Das in Zusammenarbeit von Verenum, Tiba-Müller AG und EMPA Dübendorf durchgeführte Forschungsprojekt soll Grundlagen erbringen, auf denen die technische Entwicklung automatischer Holzfeuerungen mit verminderter Staub- und Aerosolemissionen möglich wird. Neben der Identifikation der Mechanismen für die Bildung von Aerosolen soll auch der Einfluss der Betriebsparameter einer Anlage untersucht werden. Im Frühjahr 2000 wurde eine entsprechende Versuchsanlage aufgebaut, die eine gezielte Variation der Temperatur und Gaszusammensetzung in verschiedenen Bereichen der Feuerungsanlage erlaubt. In einer zweiten Testphase werden ausgewählte Phänomene untersucht und relevante Grenzwerte angefahren.

## Haus der erneuerbaren Energien

Seit Juli 1999 arbeiten an der Seefeldstrasse 5a in Zürich die beiden Actor-Netzwerke für Holz- und Solarenergie unter einem gemeinsamen Dach: Schweiz. Vereinigung für Holzenergie VHe und Swissolar. Seit Januar 2000 beherbergt dieses Haus für erneuerbare Energien auch die Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz FWS sowie den neuen Verband Biomasse Schweiz.

## Internet-Links

Laboratorium für Thermodynamik in Neuen Technologien (LTNT) an der ETH Zürich präsentiert einen Überblick  
**www.ltnt.ethz.ch**

Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt EMPA  
**www.empa.ch**



# Den Partikeln auf der Spur

## International anerkannte Forschungsergebnisse des Ökozentrums Langenbruck

Das Ökozentrum Langenbruck befasst sich seit seiner Gründung vor 20 Jahren auch mit der Nutzung von Holzenergie. Das inzwischen geschaffene „Labor für die Energie von morgen“ konzentriert sich im Rahmen seiner Forschungsaktivitäten im Bereich der Holzenergie auf die Umweltschonung und nachhaltige Energie-Erzeugung. Die Holzfeuerungen sollten benutzerfreundlich konzipiert und als Gesamtsystem ausgelegt sein, zugleich ein Minimum an gesundheitsgefährdenden Emissionen aufweisen.

### Benutzerkomfort und Emissionsminderung im Fokus

Christian Gaegauf, Projektleiter: „Unsere Projekte haben sich deshalb in den vergangenen Jahren speziell mit der Partikelforschung (PM 10) befasst und dabei technologische Verbesserungen der Verbrennungsprozesse anvisiert. Die Grösse der Verbrennungspartikel bewegt sich im Bereich vom 30 bis 300 nm, wobei der häufigste Partikeldurchmesser bei rund 80 nm liegt. Die Partikeloberflächen enthalten krebserzeugende und atmungsbeeinträchtigende Komponenten. Da sich diese feinen Partikel wie gasförmige Substanzen verhalten, lassen sie sich nicht als Feststoffe mit Zyklonen ausscheiden. Daher gilt es, die Partikelbildung bereits schon in dem Verbrennungsprozess zu reduzieren.“

### Modernste Infrastruktur für Feuerungsanalytik

Für die Forschungs- und Entwicklungstätigkeit hat das Ökozentrum Langenbruck eine europaweit wegweisende Infrastruktur in seinem Energielabor Klus in Balsthal aufgebaut. Dazu gehört ein Kalorimeterraum in Kombination mit einem Abgas-Verdünnungstunnel. Hiermit können die Wärmeabgabe einer Einzelfeuerung exakt gemessen und über das Abgas-Verdünnungssystem der Feinpartikel-Anteil analysiert werden. Eine Feinpartikel-Messanlage wird im „Sharing-Prinzip“ mit der

Fachhochschule Biel und dem ETHZ-Institut für Festkörperphysik genutzt.

Christian Gaegauf: „Aufgrund der Tatsache, dass der im Abgas transportierte Feinstaub in die menschlichen Lungen eindringen und dadurch gesundheitliche Probleme erzeugen kann, haben wir uns auf diese Thematik konzentriert und verbesserte Verbrennungstechnologien untersucht. Dabei hat sich beispielsweise das auf moderner Strömungsoptimierung basierende „Votex“-Feuerungssystem, das eine verstärkte Turbulenz in der Brennkammer und dadurch eine Reduktion der Partikelanzahl und -grösse ergibt, besonders ausgezeichnet. Im Weiteren untersuchen wir auch die Wirkung einer Beschallung des Verbrennungsprozesses auf die Partikelbildung.“

Man weiss, dass eine Beschallung der Flamme gewisse Schadstoffe, wie z.B. NOx

vermindern kann. Die Thermoakustik hat jedoch nicht nur eine bessere Verbrennungsstabilität zur Folge, sondern könnte auch eine Verbesserung im Problembereich der Leistungsmodulation bieten. Damit würde die sonst übliche Zunahme der



Christain Gaegauf (links), Mitarbeiter am Ökozentrum Langenbruck, und Daniel Binggeli, BFE-Bereichsleiter.



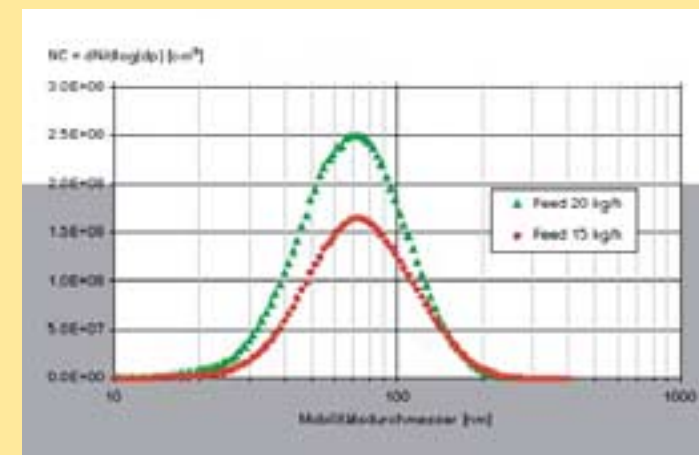
Kalorimeterraum und Abgas-Verdünnungstunnel im Labor für nachhaltige Energiesysteme. Hier kann die Wärmeabgabe einer Einzelfeuerung (links) exakt gemessen werden.

Schadstoffbildung beim Drosseln der Feuerungen gemindert.

### Internationaler Normen-Vergleich

Das Ökozentrum Langenbruck arbeitet heute weltweit mit anderen Forschungsinstituten zusammen. Dabei partizipiert man auch in europäischen Projekten und kann so den Austausch von Erfahrungen fördern.

Christian Gaegauf: „Ein wichtiger Beitrag war hierbei auch das vom BFE unterstützte Projekt zum Vergleich der ISO- und CEN-Normenentwürfe für Holzfeuerungen. Dank unserem Laboraufbau mit Kalo-



Grafik einer typischen Partikelgröszenverteilung von Verbrennungsaerosolen.

rimeterraum und Verdünnungstunnel konnten wir die vergleichenden Messungen von Leistung, Wirkungsgrad und Schadstoffen durchführen und bestätigen, dass die Endresultate – trotz der zwei unterschiedlichen Messverfahren von ISO und CEN – mit beachtlicher Genauigkeit übereinstimmen.“

Diese Forschungsergebnisse des Ökozentrums Langenbruck sind im internationalen Umfeld sehr wichtig, um zukünftige Harmonisierungsbestrebungen dieser Prüfnormen der Internationalen Normvereinigung (ISO) und der Europäischen Normvereinigung (CEN) vorzubereiten. Damit werden gute Voraussetzungen geschaffen für faire Marktverhältnisse für Hersteller und Markttransparenz für die Anwender sowie für die Grundlagen der Behörden bei der Ausarbeitung von Umweltschutzgesetzen.

### Anwenderoptimierte Lösung als Ziel

Der Aufbau von Netzwerken im In- und Ausland ist für das Ökozentrum Langenbruck ein wesentlicher Erfolgsfaktor. Im Umfeld von Verbraucher, Branchenverbänden, Industrie und Ausbildungsstätten müssen anwenderoptimierte Lösungen gefunden werden. Die Zusammenarbeit mit den Fachhochschulen haben dabei eine hohe Priorität. Ferner hat man auch aktiv mitgewirkt bei der Grundlagenarbeit für das Qualitätssiegel für Feuerungsstätten, das von der Schweizerischen Vereinigung für Holzenergie VHe verliehen wird.

Als Vision verfolgt das Ökozentrum Langenbruck einerseits Umsetzungsaktivitäten einer sauberen Holzverbrennung mit Industriepartnern. Andererseits wird man vermehrt in nationalen und europäischen Pro-

jekten neue Lösungen entwickeln, sei es beispielsweise Kombinationen von Holzfeuerungen mit Wärmepumpen und Stirlingmotoren oder innovative Verbrennungstechnologien für eine hohe Brennstoffelastizität.



Laseroptische Geschwindigkeitsmessung in einer Wirbelbrennkammer durch die Universität Stuttgart im Rahmen eines europäischen Projektes. (Fotos: H. Grieder, Langenbruck)

### Internet-Links

Überblick über das Ökozentrum Langenbruck und die verschiedenen Aktivitäten  
[www.oekozentrum.ch](http://www.oekozentrum.ch)



# Heisse Themen im Labor

Forschungsarbeiten für eine optimierte Nutzung der Holzenergie

Thomas Nussbaumer ist Inhaber und Geschäftsführer der Firma Verenum (Ingenieurbüro für **V**erfahrens-, **E**nergie- und **U**mwelttechnik), Privatdozent an der ETH Zürich und an der Fachhochschule Bern (NDS Energie) sowie Leiter des Holzenergie-Symposiums in Zürich. Im folgenden Interview gibt er einen Überblick über die Herausforderungen im Bereich der Holzenergieforschung.

**Anlässlich Ihres 10-Jahr-Jubiläum des Holzenergie-Symposiums möchten wir zunächst einen Blick zurück werfen. Wie war 1990 die Situation der Holzenergieforschung in der Schweiz?**

Thomas Nussbaumer: 1985 erhielt ich die Gelegenheit, mich an der ETH Zürich in einem Forschungsprojekt mit Holzfeuerungen zu befassen. Diese Arbeit war Basis zum Aufbau einer Forschungsgruppe und daraus entwickelten sich auch zahlreiche Kontakte zur Industrie und anderen Institutionen. Da das Forschungsthema neu war, gab es kein Forum für einen Erfahrungsaustausch. Dies war für mich Anlass, 1990 das Holzenergie-Symposium zu gründen, das seither alle zwei Jahre durchgeführt wird.



Thomas Nussbaumer: „Die aktuellen Forschungsthemen befassen sich mit den Umweltbelastungen von Feuerungen.“

**Welche thematische Entwicklung hat das Holzenergie-Symposium in diesen 10 Jahren erfahren?**

In den ersten Jahren standen Themen der Verbrennungsoptimierung und des Komforts im Mittelpunkt. Dazu wurden wesentliche Fortschritte erreicht. Weitere Themen waren die Nutzung von Altholz und die Verwertung von Asche. Die heute aktuellen Themen befassen sich mit den Umweltbelastungen von Feuerungen durch Stickoxide und Feinstäube sowie mit den Techniken zur Stromerzeugung aus Holz.

**Welchen Schwerpunkt erwarten Sie in den kommenden Jahren?**

Die Schwerpunkte werden die Partikelemissionen und die Stromerzeugung sein. Motivation der Partikelminderung ist die hohe Gesamtbelastung der Bevölkerung durch Feinstäube, während die Stromerzeugung langfristig eine höhere energetische und ökonomische Wertschöpfung als die Wärmenutzung ermöglichen wird. Weitere Themen sind die Stickoxidemissionen, die Systemintegration, die Brennstoffqualität sowie allenfalls erneut die Möglichkeiten der Altholzverwertung.

## Verenum

Die Tätigkeit des Ingenieurbüros Verenum in Zürich umfasst Forschung und Entwicklung, Anlagenkonzeption, Beratung, Emissionsmessungen sowie Aus- und Weiterbildung. Themenschwerpunkte sind Verbrennung und Vergasung von Biomasse, Stromerzeugung und Wärmekraftkopplung, Prozessregelung, Emissionsminderung und -messung sowie Rückstandverwertung. Aktuelle Forschungsthemen sind Partikelabscheidung, Aerosolbildung und NOx-Reduktion in Holzfeuerungen sowie Teerbildung und Gasreinigung bei Holzvergasern. Neben der wissenschaftlichen Grundlagenarbeit wird auch Wert auf die Praxisumsetzung gelegt. Verenum vertritt die Schweiz in der Internationalen Energie-Agentur IEA im Bereich der Biomasseverbrennung, ist Partner in EU-Projekten und Vertreter in den wissenschaftlichen Komitees der internationalen Konferenzen über Biomasse.

**Welchen Stellenwert wird die Holzenergie in der Schweiz in den kommenden Jahren erreichen können?**

Aufgrund der heutigen Wirtschaftlichkeitsituation erwarte ich für die Holzenergie zwar ein weiteres Wachstum, allerdings nicht mit sehr raschem Tempo. Für die kommenden Jahre wirkt sich die Förderung durch Lothar-Massnahmen positiv aus. Der langfristige Trend hängt jedoch vor allem vom Preisniveau der fossilen Energieträger und damit auch von der Höhe der allfälligen CO<sub>2</sub>-Steuer ab.

**Wie beurteilen Sie die Zusammenarbeit und das Umsetzungspotenzial zwischen Forschung und der Industrie, bzw. der Verbände, wie VHe, VHP, SFIH usw.?**

Wir haben eine sehr gute Kooperation mit den Herstellern von Holzfeuerungen und den Entwicklern von Holzvergasern, was eine wichtige Basis zur Umsetzung ist. Daneben haben wir auch eine Zusammenarbeit mit den wichtigsten Verbänden, was die Umsetzungsbasis noch unterstützt.

**Was war 1990 der Anlass zur Gründung von Verenum und welche Ausrichtung hat Ihre Organisation heute?**

Es war mein Wunsch, in einem kompetenten Ingenieurteam Forschungs- und Entwicklungsarbeiten für die Industrie und das Gewerbe auszuführen und neue Erkenntnisse in die Praxis umzusetzen. Dies ist nach wie vor gültig, und die Möglichkeit der fachlichen Unterstützung wird von der Praxis geschätzt. Daneben sind wir heute auch tätig in der Erarbeitung und Auslegung von Anlagen zur Stromerzeugung. Und als Berater begleiten wir auch die Konzeption grösserer oder komplexer thermischer Anlagen.

*Versuchsanlage, die eine gezielte Variation der Temperatur und Gaszusammensetzung in verschiedenen Bereichen der Feuerungsanlage erlaubt.*



**Wie beurteilen Sie die öffentliche Wahrnehmung der Diskrepanz zwischen dem Bedürfnis nach Waldschutz (Brandrodungen im Amazonas, Waldbrände usw.) und der Waldnutzung in der Schweiz?**

Für unsere Wälder anerkenne ich die Aussage der Fachleute, dass eine Pflege und Nutzung des Waldes ökologisch sinnvoll ist und daher Holz als erneuerbare Energie gelten darf. Der Wald hat jedoch sehr vielfäl-

tige Funktionen zu erfüllen. Die Energienutzung soll dabei immer erst am Schluss der Wirkungskette stehen. In unseren Wäldern ist dies weitgehend sicher gestellt, während die Brandrodung mit einer nachhaltigen Nutzung selbstverständlich nicht vereinbar und mit allen Mitteln zu verhindern ist. Dieser Sachverhalt wird nach meiner Erfahrung auch von der Öffentlichkeit so wahrgenommen, weshalb ich zumindest bei uns keinen Anlass für eine Diskrepanz

## Symposium mit Schwerpunkten

Das 6. Holzenergie-Symposium an der ETH Zürich war den drei Schwerpunkten Luftreinhaltung, Haus-Systeme und Stromerzeugung gewidmet. Da Feinstäube und Partikelemissionen einen zentralen Faktor der Luftbelastung darstellen, sind sie in den vergangenen Jahren zu einem wichtigen Thema der Forschung geworden. In zwei vorgestellten Untersuchungen wurden Erkenntnisse über die Entstehung und Vermeidung von Partikeln erarbeitet. Daneben müssen auch die Stickoxide bei der Holzverbrennung reduziert werden, wie eine Praxiserhebung aufzeigte. Am Symposium wurde dazu ein neuer Weg mittels Brennstoffstufung vorgestellt. Für Minergie-Häuser wurde als neues Heizkonzept, eine Kombination von kontrollierter Lüftung und Speicherofen beschrieben. Ein Übersichtsreferat stellte den Stand der Pelletfeuerungen vor. Im dritten Teil standen verschiedene Möglichkeiten zur Stromproduktion aus Holz sowie zur Wasserstoff-Erzeugung im Mittelpunkt. Unter anderem wurden auch das modernste Holzkraftwerk mit 25 MW elektrischer Leistung aus Holland und die Entwicklung eines Stirling-Motors aus Dänemark vorgestellt.

Weitere Informationen und Tagungsband:  
Verenum, CH-8006 Zürich





*Der Wald hat sehr vielfältige Funktionen zu erfüllen.*

zwischen Waldschutz und Waldnutzung ableite.

#### Wie erleben Sie die europäische bzw. internationale Zusammenarbeit bei der Holzenergieforschung?

Wir pflegen einen internationalen Erfahrungsaustausch, der sehr bereichernd ist und bei dem auch unsere Aktivitäten von ausländischen Fachleuten intensiv verfolgt werden. In der Forschung erlauben nationale Projekte oft eine konkretere Aufga-



*Das Verenum-Team (v.l.n.r.): Thomas Nussbaumer, Jürgen Good, Philipp Hasler und Michael Oser.*

### Klein-Holzfeuerungen im Trend

Kleine, kompakte Holzfeuerungen stehen heute in einer Vielzahl an Varianten zur Verfügung, um die Wärme, die im Wald wächst, für Haushaltungen zu nutzen. Die Modellpalette reicht vom Kachelofen als Ersatz für eine Ölheizung über Zimmeröfen als Zusatzheizung bis zum Heizkessel mit Stückholz- oder Pellet-Beschickung. Die Holzverbrennung erfolgt CO<sub>2</sub>-neutral, gibt keine Schwefel-Emissionen ab und weist nur sehr geringe Mengen an Schwermetallen auf; das alles sind bedeutende ökologische Vorzüge. Ausserdem fällt Holz in der Regel lokal an, wodurch kurze Transportwege entstehen und zu hoher regionaler

Wertschöpfung beitragen. Geringe Emissionen sind aber auch bei der Aufbereitung des Holzes zu verzeichnen. Weniger günstig erscheint die Bilanz durch den Ausstoss an Stickoxid und Feinstaub. Hier haben jedoch die Forschungsanstrengungen deutliche Fortschritte erzielen können. Moderne Systeme erfüllen problemlos die Richtlinien der LRV.

Ein starker Trend im Bereich der Klein-Feuerungen geht heute in Richtung eines Heizkonzepts mit Sonne und Holz. Dachkollektor und Kleinfeuerung dienen sowohl der Warmwassererzeugung als auch der Heizung, arbeiten mit einem gemeinsamen Wärme-

benstellung und ein Ziel orientierteres Vorgehen als internationale Grossprojekte. Die grenzüberschreitende Zusammenarbeit ist dagegen sehr wichtig, beispielsweise bei Fragen der Standardisierung und Normierung.

#### Welche Entwicklungen zur Nutzung der Holzenergie stellen Sie in vergleichbaren Ländern, wie Deutschland, Österreich, Skandinavien usw., fest?

Skandinavien und Österreich verfügen schon länger über deutlich grössere Fördermöglichkeiten für Anlagen und Forschung als die Schweiz. In Deutschland gilt dies seit einiger Zeit zumindest für die Stromerzeugung. Im Vergleich mit diesen Ländern hat die Schweiz einen beachtlichen Spielraum zur Verbesserung der Förderung von Forschung und Realisierung.

speicher und können auf diese Weise den gesamten Energiebedarf eines Haushalts mit erneuerbarer Energie abdecken. Eine zentrale Steuerung regelt den Abbrand in der Holzfeuerung, die Zirkulation im Kollektor sowie die Zentralheizungsversorgung.

Informationen: VHe, CH-8008 Zürich



## Lothar bläst Wärme ins Haus

Am 26. Dezember 1999 hatte der Orkan Lothar zugeschlagen und die Wälder im Schweizer Mittelland und in den Voralpen stark in Mitleidenschaft gezogen. Das Bundesamt für Energie BFE unterstützt nun bis 2003 im Rahmen der Bewältigung der Sturmschäden neu zu erstellende Projekte zur nachhaltigen Nutzung von Energieholz:

- **Holzfeuerungen über 100 kW**  
Dies sind Anlagen innerhalb und ausserhalb von Holzverarbeitenden Betrieben, mit oder ohne Nahwärmenetz. Der Förderbeitrag richtet sich nach der Anlagenleistung.
- **Netzverdichtungen**  
Damit sind Anschlüsse von einzelnen Gebäuden an bestehende, vor Ende 1999 erstellte Feuerungen und Nahwärme-Netze vorgesehen.
- **Energieholz-Lagereinrichtungen**  
Die Netto-Lagerkapazität muss mindestens 1000 m<sup>3</sup> umfassen und der regionalen Versorgungssicherheit dienen.
- **Holzfeuerungen unter 100 kW**  
Für Haushaltungen werden Feuerungsinstallationen, beispielsweise Holzzentralheizungen und Speicheröfen oder Zimmeröfen, welche mindestens 75% des Energiebedarfs abdecken und somit als Hauptheizung dienen, unterstützt. Voraussetzung dafür ist die Typenprüfung VHe.

- **Machbarkeitsstudien** für grössere Holzenergieprojekte.
- **Spezielle Anlagen**, wie Pilot- und Demonstrationsprojekte.

In den ersten drei Monaten, also bis Ende Oktober, wurden bereits rund 1500 Projekte, d.h. ein Förderanteil von ca. 8 Mio. CHF bewilligt. Der grösste Teil dieser Projekte sind Holzzentralheizungen.

Auskünfte:  
Schweiz. Vereinigung für Holzenergie VHe, CH-8008 Zürich, Tel. 01 250 88 11  
[www.vhe.ch](http://www.vhe.ch)

### Typenprüfung und Qualitätssiegel für Holz-Feuerstätten

Die Schweizerische Vereinigung für Holzenergie VHe hat für die freiwillige Typenprüfung und die Gewährung des Qualitätssiegels Richtlinien erarbeitet. Damit wird die Grundlage geschaffen, um in Koordination mit Deutschland und Österreich den Bereich der Qualitätskontrolle zu optimieren.

#### Typenprüfung für Holzheizkessel

Die Typenprüfung basiert auf den CEN-Normen für feste Brennstoffe. Sie gewährleistet, dass hohe lufthygienische, energetische und sicherheitstechnische Anforderungen erfüllt werden. Als Brennstoff können naturbelassenes Holz als Stückholz oder Hackgut sowie Hackschnittel oder Pellets eingesetzt werden. Ausserdem Restholz vom Holzverarbeiten den Gewerbe und von Baustellen.

#### Qualitätssiegel für Öfen

Das Schweiz. Qualitätssiegel für Holz-Feuerstätten basiert auf dem Prüfbericht eines anerkannten Instituts, beispielsweise der EMPA in Dübendorf, auf der Zulassung der Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen VKF, auf dem Geräteprospekt sowie technischen Unterlagen, wie Montage- und Betriebsanleitungen. Inzwischen sind mehrere Feuerstätten, Cheminées, Cheminéeöfen und Heizkessel geprüft und ausgezeichnet worden.

Informationen: VHe, CH-8008 Zürich  
[www.vhe.ch](http://www.vhe.ch)

Prüfinstitut für Holzfeuerstätten: EMPA, Abt. Verbrennungsmotoren/Feuerungen  
[www.empa.ch](http://www.empa.ch)



# Reif für die Insel

Erfolgreicher Technologietransfer nach Japan löst verschiedene Energieversorgungsaufgaben

**Daniel Trüssel**  
KWT AG,  
CH-3123 Belp

**Harald Gorhan**  
BFE-Programmleiter  
Geothermie  
c/o Electrowatt  
Engineering AG,  
CH-8037 Zürich

Die Nutzung von Erdwärme ist in Japan seit einiger Zeit im Aufschwung und ersetzt zunehmend andere, umweltbelastende Energieträger, wie Erdöl und nuklear produzierten Strom.

## Wärmepumpen-Systeme als Exportgut

Ein Hauptanwendungsgebiet von Wärmepumpen mit Erdwärmesonden ist im Land der aufgehenden Sonne die Versorgung von Bädern mit Wärme, denn die Badekultur hat in Japan einen hohen Stellenwert. Gerade in diesem Bereich konnte die KWT Kälte-Wärme-Technik AG in Belp durch die erfolgreiche Kooperation mit dem japanischen Partner, der Misawa Architectural Technology Co., LTD in Miyoshi, Fuss fassen und etliche Hallenbäder mit Wärmepumpen und Gesamtenergiesystemen ausrüsten. Diese Anlagen versorgen die Bäder komplett mit Wärme für die Beheizung der Gebäude aber auch zur Aufbereitung von Brauchwarmwasser. Wärmerückgewinnungssysteme helfen dabei den Wirkungsgrad zu verbessern.

## Fahrbahnbeheizung

Weil auf Japans Strassen der Einsatz von Streusalz wegen der schädlichen Wirkung auf die Reisplantagen nicht möglich ist, werden die Verkehrswege im Winter beheizt. Bis vor einigen Jahren erfolgte dies mit elektrischen Heizschlangen im Strassenbelag; unvorstellbare Energiemengen wurden zu diesem Zweck benötigt.

KWT und Misawa entwickelten daraufhin ein System, welches geothermische Wärme

zur Fahrbahnbeheizung nutzt und zwar, indem Sole durch einen Erdwärmesonden-Kreislauf geleitet und danach deren gespeicherte Erdwärme über Heizschlangen an den Fahrbahnbelag abgegeben wird. Der Vorteil dieses Systems liegt in der Einsparung der enormen bisherigen Energiekosten.

*Geothermie ersetzt elektrische Heizschlangen zur Fahrbahnbeheizung in Japan.*



Installation der Rohre im Strassenbelag.



## Wärme-Entzug und Einspeisung ins Erdreich

Bei etlichen der in Japan installierten geothermischen Anlagen wird dem Erdreich nicht nur Wärme entzogen, sondern im Sommerbetrieb die anfallende Überschusswärme über die Erdwärmesonden an den Boden abgegeben und so für den Winter „gespeichert“. Dieses System bietet den Vorteil, dass im Winter mehr Erdwärme zur Verfügung steht und so der Wirkungsgrad der Anlage wesentlich verbessert werden kann.

### Internet-Links

Firmenpräsentation der KWT Kälte-Wärme-Technik AG  
[www.kwt.ch](http://www.kwt.ch)

Alles zum Thema Geothermie: eine Übersicht über die internationale Szene  
[www.geothermal-energy.ch](http://www.geothermal-energy.ch)

## SVG

Die Schweizerische Vereinigung für Geothermie konnte im Jahr 2000 ihr 10-jähriges Jubiläum feiern. Sie bildet heute eine Plattform für Geothermie-Fachleute und interessierte Kreise aus Architektur, Planung, Industrie und Behörden. Mit den internationalen Beziehungen konnte ein Netzwerk aufgebaut werden, das auch bei der Durchführung von Veranstaltungen voll zum Tragen kommt. Seit der Gründung der SVG wird das Bulletin „Geothermie CH“ publiziert.

SVG  
c/o Büro Inter-Prax, CH-2505 Biel

# Gras mehrfach nutzen

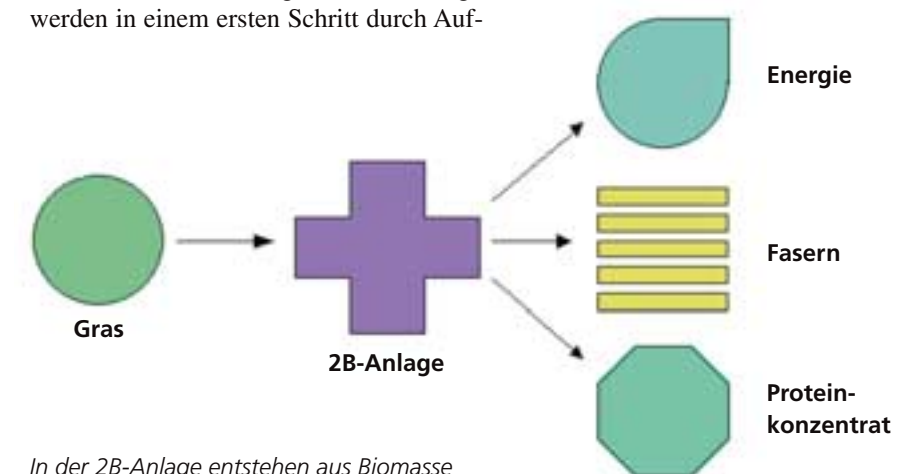
Neuartige Verwertungsanlage in Schaffhausen im Bau

Das neue Projekt, welches zurzeit bei der im Frühjahr 2000 gegründeten Bioenergie Schaffhausen AG realisiert wird, basiert auf der Vision, landwirtschaftliche Biomasse von extensiv genutzten Flächen energetisch sinnvoll zu nutzen und gleichzeitig möglichst hochwertige, vermarktungsfähige Neben-Produkte herstellen zu können.

In der vom Technologieunternehmen 2B AG in Dübendorf gelieferten Anlage werden in einem ersten Schritt durch Auf-

Pro Jahr sollen in dieser neuen Anlage rund 5'000 t Trocken-Biomasse zu 1'440 t Fasern und 8,9 Mio. kWh Biogas verarbeitet werden. Die Inbetriebnahme wird im Frühsommer 2001 erfolgen.

**Martin Rügsegger**  
BFE-Bereichsleiter Biomasse



*In der 2B-Anlage entstehen aus Biomasse drei Produkte: Fasern, Biogas und Proteinkonzentrat.*

schliessung des Grases Fasern gewonnen. Diese lassen sich zu Isolationsmaterial, Rohstoff für Baumaterial und Füllstoff für Faserverbundwerkstoffe usw. verarbeiten oder teilweise als Viehfutter einsetzen.

In einem zweiten Schritt wird aus dem Grundstoff Gras Proteinkonzentrat für Tierfutter separiert, aus dem Rest Biogas produziert. Dieses nutzt man in einer Wärme-Kraft-Kopplungsanlage zur Wärme- und Stromproduktion. Dieser produzierte Ökostrom wird am Markt verkauft. Der Rest des Biogases lässt sich in das Erdgasnetz einspeisen.

### Internet-Links

Städtische Werke Schaffhausen/Neuhausen (Aktionär der neuen Bioenergie Schaffhausen AG)  
[www.shpower.ch](http://www.shpower.ch)

Biogas-Technologien des Unternehmens 2B AG, CH-8600 Dübendorf  
[www.2bio.ch](http://www.2bio.ch)

# Bevor es zu spät ist

## Erkennung von Fehlverhalten im Betrieb von HLK-Anlagen

### Mark

#### Zimmermann

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

### Martin Stettler

BFE-Bereichsleiter  
Gebäudetechnik

Was kann in einem Wärmetauscher schiefgehen, ohne dass man unmittelbar etwas merkt? Wie kann festgestellt werden, dass die Wärmerückgewinnung in einer zentralen Luftaufbereitungsanlage so funktioniert, wie sie spezifiziert worden ist? Oder wie kann überprüft werden, ob sich Klappen und Ventile zur Beeinflussung von Volumen- und Massenströmen in Lüftungsanlagen völlig schliessen bzw. öffnen lassen, ohne dass die entsprechenden Positionen gemessen werden?

### Verminderter Wirkungsgrad durch zunehmende Verschmutzung

Im ersten und zweiten Fall kann zum Beispiel eine Verschmutzung die Wärmeübertragung schleichend reduzieren, was zu einer nicht idealen Betriebsweise des Wärmetauschers führt. Der dritte Fall kann in einer zentralen Luftaufbereitungsanlage auftreten, in der verschiedene Aggregate und Teilsysteme über Klappen und Ventile angesteuert werden.

Allen Situationen ist gemeinsam, dass sie eine Reduktion der effizienten Energienutzung bewirken, ohne dass im Komfort eine Einbusse eintritt. Die Regelungssysteme, die zu den oben genannten Systemen gehören, betrachten die veränderten Bedingungen als Störungen im regeltechnischen Sinne und regeln diese aus. Somit sind die

se Arten von Fehlverhalten für den Benutzer im Normalfall nicht erkennbar. Sie werden auch nicht von einem klassischen Alarmsystem festgestellt. Erst bei Kapazitätsengpässen oder extremen Fehlverhalten wird der Benutzer auf die Fehler aufmerksam gemacht. Dann wird die Behebung des Fehlers durch einen Serviceingenieur meistens teuer.

### Methoden zur frühzeitigen Erkennung

Um die genannten Fehlverhalten frühzeitig zu erkennen, wurden spezielle Methoden entwickelt. Diese Methoden haben alle gemeinsame Merkmale: Sie stützen sich auf Modelle, die das korrekte statische Verhalten der Anlage oder deren Teile auf möglichst einfache Art und Weise beschreiben. Das impliziert, dass die Methoden möglichst keine zusätzlichen Messungen neben

denjenigen, die zur Regelung benötigt werden, brauchen, und dass sie einen Algorithmus zur Bestimmung von stationären Zuständen der Anlage enthalten. Die Schwellwerte, die die Detektoren brauchen, um einen Alarm auszulösen, wurden durch ausgiebige Simulationen und Versuche an echten Anlagen gefunden und sind bis auf wenige fix eingestellt.

Die entwickelten Methoden zur Erkennung von Fehlverhalten sind ausschliesslich als Funktionen in verschiedenen existierenden Geräten implementiert worden und stehen als Standard- oder Zusatzfunktionen zur Verfügung:

- die Verschmutzungsgrad-Überwachung des Wärmetauschers im Unigyr
- die Wärmerückgewinnungs-Überwachung im Aerogyr
- die Überwachung der zentralen Luftaufbereitung im Visonik PRV.

Somit hat es sich gezeigt, dass diese Art der Fehlererkennung neben den existierenden Alarmierungsmechanismen erfolgreich und ohne grossen Zusatzaufwand eingebaut werden konnte. Der Schlüssel dazu waren die einfach zu parametrierenden Modelle, die zum Teil über aufwendige Entwicklungen und Versuche gefunden werden mussten.

## 3. Schweizer Hausbau- und Minergie-Messe 2001

Die 3. Schweizer Hausbau- und Minergie-Messe wird vom 8. – 11. November 2001 im Messegelände der BEA expo in Bern stattfinden. Nach zwei erfolgreichen Messen in Biel kann man mit dem Standortwechsel nach Bern einem dynamischen Wachstum der Messe Rechnung tragen.

Parallel zur Ausstellung wird ein Rahmenprogramm mit Kongressen, Fachtagungen und Präsentationen angeboten, bei denen sich die Trends und zukunftsweisenden Technologien optimal darstellen lassen.

Auskunft und Anmeldung bis Ende März 2001 bei: Schweiz. Hochschule für die Holzwirtschaft  
Konstantin Brander, Uwe Germerott  
CH-2504 Biel  
[www.hausbaumesse.ch](http://www.hausbaumesse.ch)

## Das Status-Seminar informierte über den aktuellen Stand

Das erste Seminar vor 20 Jahren nannte man „Wärmeschutzforschung im Hochbau“. Der seither erfolgte Wandel zur Energie- und Umweltforschung wurde am diesjährigen Status-Seminar an der ETH Zürich exemplarisch aufgezeigt. Ökologisch nachhaltiges Bauen ist mehr als nur Materialien und Haustechnik. In verschiedenen Referaten wurden die thematischen Zusammenhänge erläutert, vergleichende Analysen vorgestellt und auf moderne architektonische Entwicklungen eingegangen.



Mit dem „Standard 21“ will eine Arbeitsgruppe, unter Leitung von Martin Graf, verbindliche Standards für Hochbauten schaffen, welche ökonomisch-ökologische, baubiologische, gesundheitliche und soziale Aspekte berücksichtigen und damit einen vergleichbaren Leistungsnachweis ermöglichen. Für die Entwicklung des Standards 21 ist die Integration bestehender Grundlagen (z.B. Minergie) vorgesehen und die Verwendung vorhandener Methoden geplant.

Wärmedämmung und die Problematik von Gebäuden mit hohem Glasanteil prägten den Themenbereich der Gebäudehülle. Dabei wurden auch Vorschläge für eine rechnerische

Simulation für den Problemkreis „Sommerwärme“ aufgezeigt.

Bei der Präsentation von Pilot- und Demonstrationsobjekten standen modernste Konzepte der Bautechnik und der Energiesysteme im Mittelpunkt des Interesses. Bei mehreren Vorträgen wurden Rechenprogramme vorgestellt, die als Planungs- und Simulationsmittel dienen. Haustechnik-Themen und Solarwärme-Applikationen ergänzten die Erläuterungen zur Energietechnologie am zweiten Seminartag. Rund 200 Teilnehmer besuchten das 11. Status-Seminar.

Der Tagungsband „Energie- und Umweltforschung im Bauwesen“ kann als umfassende Dokumentation bei EMPA ZEN bezogen werden:  
[zen@empa.ch](mailto:zen@empa.ch)

Die einzelnen Tagungsbeiträge sind auch im Internet einsehbar:

[www.empa.ch/zen](http://www.empa.ch/zen)



## Haustechnik-Berufe mit Biss

Im Rahmen einer neuen Kampagne bietet die Arbeits-Gemeinschaft für die Haus-Technik (AGHT) zwei Ausstellungs-Container an, mit welchen die Chancen und Herausforderungen der entsprechenden Berufe dargestellt werden. Die Bereiche Heizung, Sanitär, Lüftung und Elektro demonstrieren das Ineinandergreifen aller



Funktionen und bieten Schulen, Ausstellungen und Firmen eine umfassende Informationsquelle.

Internet-Link  
[www.mitbiss.ch](http://www.mitbiss.ch)



## Herbstseminar zu Minergie und erneuerbare Energien

Beim 6. Herbstseminar der SH-Holz und des Kantons Bern kamen über 320 Fachleute in Biel zusammen. Unterschiedliche Themen, wie Nutzung von Solarenergie, Geothermie, Brennstoffzellen usw. wurden im Hinblick auf die Integrationsmöglichkeiten im Gebäudesystem behandelt. In einem Überblick über den Stand und die Perspektiven des Energie-2000-Ressorts Erneuerbare Energien wies Hanspeter Eicher auf die Notwendigkeit hin, das Potenzial erweiterter Zielgruppen zu nutzen und gleichzeitig noch mehr Beachtung der Wirtschaftlichkeit der eingesetzten Technik zu schenken. Hierbei spielt auch das Energieproblem bei Mehrfamilienhäusern eine wichtige Rolle.

Eduard Kiener, Direktor des Bundesamts für Energie, gab einen Überblick über die neue Situation bei der Energiepolitik des Bundes und wies auf die Bedeutung von Minergie im Nachfolgeprogramm EnergieSchweiz hin.



Herbstseminar mit Ausstellung und Info-Ständen.



Podiumsdiskussion mit den Referenten (v.l.n.r.): Christoph Häring, Markus O. Häring, Hanspeter Eicher, Alexander Schuler, Marion Hiller und Marie-Claude Bétrix sowie Gesprächsleiter Ruedi Meier. (Fotos: Patrick Brisset)

Tagungsband bei: Schweizerische Hochschule für die Holzwirtschaft in CH-2504 Biel, Karin Mathys, Tel. 032 344 03 47  
[www.sh-holz.ch](http://www.sh-holz.ch)

## Vernetzung in – Strom out

Welche Auswirkungen hat die Vernetzung im Haushalt auf den Stromverbrauch? Vom Internet angetrieben, könnte die bereits seit den 80er Jahren formulierte Idee der Datenvernetzung innerhalb von Wohnbauten bald konkrete Formen annehmen. Bereits stehen mehrere Einfamilienhäuser als Demonstrationsobjekte in der Schweiz zur Verfügung. Dabei sind vor allem die Multimedia-Dienste sowie die Steuerung der Haustechnik (v.a. Licht und Sicherheit) vernetzt realisiert.

Messungen an konkreten Objekten zeigen, dass die Art der Stromversorgung der Komponenten entscheidend ist für den elektrischen Standby-Verbrauch. Hierbei beeinflusst vor allem die Art und Anzahl der Umwandlungen vom Spannungsniveau 230 V auf die niedrigere elektronische Gleichspannung die Leistung:

- Sensoren und Aktoren benötigen weniger als 0,5 W, falls sie mit Kleinspannung vom Bussystem versorgt werden, ansonsten steigt der Wert auf ca. 2 W
- Intelligente Steuergeräte brauchen ca. 2 W
- der breitbandige Gateway zum öffentlichen Netz nimmt 15 – 25 W.

Ein Haus mit einem EIB (Europäischer Installations-Bus) benötigt demnach rund 20 – 30 W Standby-Leistung. In einem Gebäude mit Ethernet-Vernetzung ist pro angeschlossenem Gerät mit ca. 4 W zu rechnen. Der Jahresstromverbrauch steigt somit deutlich. Aus technischer Sicht sind deshalb möglichst wenig Netzteile einzusetzen, d.h. eine zentrale Stromversorgung über den Kommunikationsbus, sowie hochfrequente Schaltnetzteile vorzusehen, welche hohen Wirkungsgrad mit kleinem Standby-Verlust vereinen.

Forschungsbericht  
Vernetzung im Haushalt – Auswirkungen auf den Stromverbrauch  
Bernard Aebischer, Alois Huser

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

**Erwin Gautschi**  
BFE-Bereichsleiter Elektrizität

## Aktuelle Themen der Forschung

**Konzept BFE-Forschungsprogramm „Elektrizität“ 2000 – 2003**

Das Forschungsprogramm „Elektrizität“ umfasst das gesamte Themenspektrum von der Erzeugung über die Speicherung und Verteilung bis zur rationalen Nutzung des Stroms. Um diesem weiten Gebiet eine Struktur zu verleihen, wurde auch für die Periode 2000 – 2003 ein Konzept mit folgenden Schwerpunkten entwickelt:

- elektrische Antriebe und Motoren
- Informations- und Kommunikationstechnologien und Automaten
- Verteilnetz
- Hochtemperatur-Supraleitung.

**Serververnetzung in Klein- und Mittelbetrieben**

Mit einer Befragung bei 400 Firmen konnten Michael Gubler und Matthias Peters feststellen, dass ein beachtlicher Bedarf für die Einführung automatischer Ein- und Ausschaltssysteme von Netzwerk-Servern für die Nacht und Wochenenden besteht.

**Untersuchung des Verhaltens von Endbenutzern bezüglich Ein- und Ausschalten von PCs**

Diese Analyse untersucht das entsprechende Nutzungs- und Sparpotenzial.

**Neue systemorientierte FACTS-Elemente**

Elektrische Energieübertragungselemente mit leistungselektronischen Betriebsmitteln (FACTS – Flexible AC Transmission Systems) ermöglichen eine stärkere Auslastung bestehender Übertragungssysteme. Auf der Basis eines Umrichters zeigt Dirk Westermann die Anwendungsmöglichkeiten bei UPFC- und ASC-Systemen.

Bezug aller Berichte bei:  
[www.electricity-research.ch](http://www.electricity-research.ch)  
oder ENET

### Internet-Links

Alles zum BFE- Forschungsprogramm Elektrizität  
[www.electricity-research.ch](http://www.electricity-research.ch)

Fraunhofer Gesellschaft – Projekt inHaus NRW  
[www.inhaus-nrw.de](http://www.inhaus-nrw.de)



# Welle um Welle mit Brennstoffzelle

Mit einer schrittweisen Projektentwicklung auf dem Weg zum marktreifen Antrieb

**Jean-François Affolter**

Fachhochschule  
Waadt/EIVD  
CH-1400 Yverdon

**Alphons Hintermann**

BFE-Bereichsleiter  
Brennstoffzellen

Für Seen und Wasserwege ist eine schadstofffreie Antriebstechnik der Boote zunehmend gefragt. Fotovoltaik und Brennstoffzellen-Technologie offerieren zwei trennende Lösungswege.

Die Fachhochschule Waadt in Yverdon hatte – mit Unterstützung des BFE – als Prototyp das Boot Hydroxy 300 auf den Neuenburgersee gebracht. Angetrieben wird es mit einer am PSI entwickelten Brennstoffzelle des Typs PEFC (Polymer Electrolyte Fuel Cell) mit ca. 60 °C Betriebstemperatur und Wasserstoff als Energieträger. Probleme tauchten jedoch mit der ersten Zelle auf. Der dadurch entstandene Leistungseinbruch des Brennstoffzellen-Stapels wird weiter untersucht.

Die weiteren Bootsmodelle Hydroxy 100 SILSE und Alpha waren weitgehend automatisiert (Zündschlüssel drehen und abfahren). Sie ergaben neue Erkenntnisse betreffend Wasserstoff-Handling, Eignung des gewählten Kühlungskonzepts, Betriebserfahrung und dienten der Untersuchung zusätzlicher Betriebskomponenten, beispielsweise der Antriebssteuerung. Ziel der BFE-Unterstützung war, das Einsatzpotenzial dieses Brennstoffzellen-Typs für Boote zu evaluieren.

*Hydroxy 100 hat als Prototyp die weitere Entwicklung eines Bootes mit Brennstoffzellen-Antrieb massgeblich beeinflusst.*



## Internet-Links

Homepage der Fachhochschule Waadt  
[www.eivd.ch](http://www.eivd.ch)

Das Paul Scherrer Institut als Entwicklungspartner für Brennstoffzellen  
[www.psi.ch/fuelcell](http://www.psi.ch/fuelcell)

Das involvierte Bootsbau-Unternehmen MW-Line AG in CH-1400 Yverdon mit alternativbetriebenen Modellen  
[www.mwline.ch](http://www.mwline.ch)

Das Boot ALPHA nutzte ebenfalls eine vom PSI entwickelte Brennstoffzelle mit einer Antriebsleistung von 1,6 kW. Dieses Schiff erreichte 12 km/h, und das Brennstoffzellen-System reagierte rasch auf gewünschte Leistungsänderungen.



Als Folgeprojekt ist das 6-Personen-Boot Hydroxy 2000 im Gespräch, das auf der Basis von Simulationsrechnungen konzipiert ist und in Katamaran-Bauweise eine Geschwindigkeit von 10 – 15 km/h aufweisen soll. Falls die Finanzierung dieses Boots sicher gestellt werden kann, könnte im Frühling 2002 ein fahrtüchtiger Prototyp dazu dienen, eine mögliche Markteinführung zu evaluieren. Das BFE ist bereit, den Antrieb zu übernehmen.

*Hydroxy 2000 könnte im Frühling 2002 die Funktionstauglichkeit des 6-Personen-Boots unter Beweis stellen.*

# Mobilitätsprojekt wird kantonal

3. Zwischenbericht zum LEM-Grossversuch in Mendrisio

**Martin Pulfer**

BFE-Bereichsleiter  
Verkehr

Der 3. Zwischenbericht gibt eine Übersicht über die Erfahrungen der ersten vier Projektjahre dieses Grossversuchs mit Leicht-Elektromobilen (LEM). Neben der steigenden Nachfrage hat dieses vom BFE unterstützte Pilot- und Demonstrationsprojekt auch beträchtliche Wirtschaftsimpulse und wertvolle politische Diskussionen über eine nachhaltige Mobilität ausgelöst.

## Erfolgreiches Engagement und neue Modelle

Im Jahr 1999 sind beispielsweise mehr LEM in Verkehr gesetzt worden als in den beiden Vorjahren. Neue Fahrzeugmodelle, die Batteriemiete und engagierte Garagisten haben positive Impulse gesetzt. Von den 126 Neuimmatrikulationen haben vor allem zwei Scooter-Modelle, ein E-Bike sowie ein Personenwagentyp profitieren können. Seit 1997 verlangt das Reglement für die Zulassung der Versuchsfahrzeuge für Akkumulatoren eine Vollgarantie von mindestens 36 Monaten. Diese Verschärfung gegenüber früher hat zum Ausschluss mehrerer Fahrzeugmodelle geführt.

Rund 52% der LEM-Käufer liessen sich von ökologischen Überlegungen leiten; die Fahrzeuge werden mehrheitlich für die Fahrten zum Arbeitsplatz eingesetzt. Neben der Subvention des Kaufpreises von bis zu 60% ist ein reservierter Parkplatz mit Lade-station ein wichtiges Entscheidungsargument. Im Weiteren helfen Informationen sowie das Probefahren (1 bis 2 Tage) mit, Schwellenängste abzubauen.

Bezug:  
Grossversuch mit  
Leicht-Elektromobilen (LEM) in  
Mendrisio  
3. Zwischenbericht  
AssoVel, Mendrisio  
Studienreihe Nr. 33  
in vier Sprachversionen  
BBL/EDMZ,  
CH-3003 Bern



*Neben der Subvention des Kaufpreises ist ein reservierter Parkplatz mit Lade-station ein wichtiges Entscheidungsargument.*

## Begleitende Massnahmen erzielten Breitenwirkung

Beim Mendrisio-Projekt sind rund 40 Fördermassnahmen erprobt worden: vom Wegfall der Motorfahrzeugsteuer über Gratis-Pannendienst bis zu LEM-Ständen an regionalen Ausstellungen und einer Plakatwerbung.

LEM-Miete und das nachfolgende, erweiterte Konzept EasyMove dienen als Einstiegshilfe und fördern die vernetzte Mobilität.

## Internet-Links

Alle Infos zum LEM-Projekt in Mendrisio inkl. dem aktuellen Fahrzeugbestand  
[www.infovel.ch](http://www.infovel.ch)

Elektromobil Club der Schweiz  
[www.ecs-five.ch](http://www.ecs-five.ch)

Verband für elektrische Strassenfahrzeuge  
[www.e-mobile.ch](http://www.e-mobile.ch)



lität von den grösseren Bahnhöfen des Kantons aus.

#### Ausweitung auf den Kanton und zusätzliche Fahrzeuge

Das LEM-Projekt VEL 1 stellt einen ersten Schritt zur Sensibilisierung der breiten Bevölkerung und der politischen Entscheidungsträger dar. Es hilft ferner, die Kaufprozesse, wie sie beim Auto auf festen Ge-

wohnheiten basieren, nachhaltig zu beeinflussen.

Das Projekt soll 2001 durch VEL 2 abgelöst werden, wobei der Kanton Tessin ein Förderprogramm für energieeffiziente Fahrzeuge starten will. Mit dieser geografischen und strategischen Ausweitung würden zwischen 2001 und 2004 die Subventionen auf den CO<sub>2</sub>-Ausstoss bezogen abgegeben und damit neben Elektrofahrzeugen auch Hy-

brid-Autos und verbrauchsarme konventionelle Modelle gefördert. Ziel dieser Aktion: sparsamerer Energiebedarf und Reduzierung von Schadstoff- und Lärmemissionen.

Ab 2005 soll VEL 3 durch marktwirtschaftliche Kriterien das Mobilitätsverhalten beeinflussen können.

## Batterien aus dem Tessin

MES-DEA SA (Divisione Energie Alternativa) gehört zu einer internationalen Unternehmenseinheit und stellt in Stabio verschiedene Komponenten für die Automobil- und Haushaltgeräteindustrie her. Auf der Grundlage dieser Produktionserfahrung wird nun auch die ZEBRA®-Batterie auf rationelle Weise gefertigt. Der Entscheid zugunsten dieser Technologie beruht zum Teil auf dem LEM-Versuch im Tessin.

#### Expandierende Produktion dank überzeugender Technologie

Die Übernahme dieser Technologie von AEG Anglo Batteries – einem Joint Venture von DaimlerChrysler AG und Anglo-American Corporation – hat den Bau eines neuen Produktionszentrums bedingt, um innerhalb der nächsten zehn Jahre einen Ausstoss von rund 100'000 Batterien zu ermöglichen. Damit verbunden ist auch die Schaffung von rund 400 neuen Arbeitsstellen.

Die ZEBRA-Technologie nutzt Nickel und Salz als Elektrodenmaterial in Kombination mit einem Keramikelektrolyt. Die Standardzelle vom Typ ML3G weist eine Kapazität von 32 Ah und ein Gewicht von 715 g auf. Die spezifische Energie beträgt 115 Wh/kg. Eine Batterie enthält 216 solcher Zellen. Es stehen heute zwei Typen zur Auswahl: 557 V/32 Ah und 278 V/64 Ah. Bisherige Untersuchungen bestätigen eine lange Lebensdauer der Batterie, da die eingesetzten Materialpaarungen keine Korrosionserscheinungen aufweisen.

Für den Einsatz in Elektrofahrzeugen ist die Sicherheit ein zentrales Anliegen. Diese wird durch die einzelnen Materialien, durch das verschlossene Metallgehäuse und durch das doppelwandige Batteriegehäuse gewährleistet. Die Batterie kann problemlos durch die



Das Entwicklungsteam von MES-DEA arbeitet an der Optimierung der ZEBRA-Batterie.

Stahlindustrie recycelt werden: Dem Herstellprozess für rostfreien Stahl beigefügt, wird Nickel und Stahl zurückgewonnen, während Salz und Keramik als Schlacke anfallen.

#### Kompakte Bauart und variable Leistungsgrößen

Die umfassende Erfahrung mit Automobilkomponenten hat die MES-DEA dazu geführt, die ZEBRA-Batterie als kompakte, einbaufähige Einheit zu gestalten. Sie umfasst die Steuerung, den Hauptunterbrecher, die Aufladeausrüstung und die thermische Überwachung. Bis zu 16 Batterie-Einheiten können parallel geschaltet werden, was 285 kWh und 510 kWh entspricht.

mit sieben Renault-Twingo für die Felderprobung aller Komponenten gestartet worden.

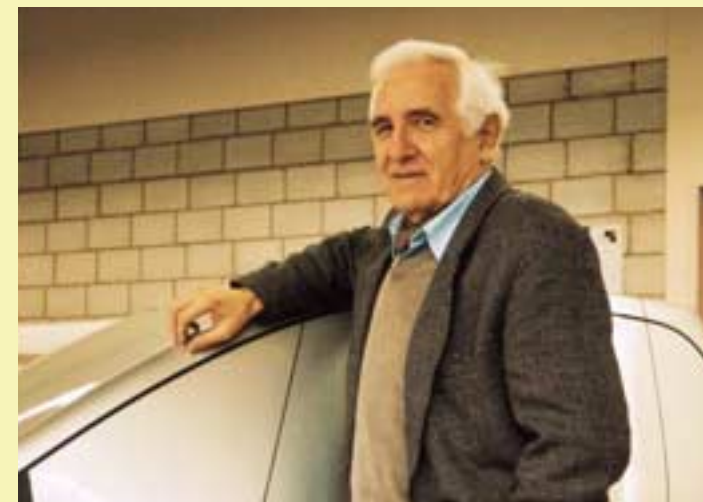
Cord-H. Dustmann  
MES-DEA SA  
CH-6855 Stabio  
[www.cebi.com](http://www.cebi.com)

# Dem mobilen Menschen verpflichtet

Die Horlacher AG hat als Pionier zahlreiche Modellentwicklungen geprägt

Während der SUN21 in Basel präsentierte die Horlacher AG von Möhlin neben einem Querschnitt durch ihre Fahrzeugentwicklungen als Premiere auch die neueste Innovation: den Zebralift. ENET-NEWS befragte Geschäftsführer Max Horlacher nach den Hintergründen dieser Neuheit.

Max Horlacher:  
„Unser Fokus lag auf dem Leichtbau mit Kunststoffkonstruktion.“



## Zebralift

Anstatt beim Zebrastreifen zu warten, nimmt der Fussgänger in Zukunft den „fliegenden Teppich“ – den Zebralift. Diese Neuentwicklung befördert die Personen in einer Kabine über dicht befahrenen Strassen oder Eisenbahnschienen. Ein Antrieb führt die Kabine auf einem Stahlprofil in eine gewünschte Höhe und anschliessend horizontal über den Verkehrsweg ans andere Ende des Zebralifts. Höhe und Breite sowie Kabinengrösse können den jeweiligen Kapazitäts- und Dimensionsanforderungen angepasst werden.

#### Welche Überlegungen führten Sie zu der neuesten Entwicklung des Zebralifts?

Max Horlacher: Wie so manche Erfindung entstand der grundlegende Einfall zum Zebralift aus einem Gespräch heraus. Im Zentrum unserer Philosophie steht immer der mobile Mensch; für ihn entwickeln wir

umweltgerechte Fahrzeuge. Doch weshalb müssen Fussgänger so oft Passerellen oder Unterführungen benutzen, wenn sie stark befahrene Verkehrswege überqueren wollen? Hätte man nur halb so viel Phantasie in die Querbewegung zum üblichen Verkehrsstrom investiert wie in dessen Längsbewegung, man hätte für die mühsamen und



Zebralift, eine neue Alternative zur Traversierung von Verkehrswegen.



kostspieligen Lösungen sinnvolle Alternativen gefunden. Der neue Zebralift überbrückt Strassen oder Eisenbahntrassen mit einem Lift in einer Kombination von vertikaler und horizontaler Bewegung.

### Welches Einsatzpotential erwarten Sie für diese Neuentwicklung?

Überall dort, wo das Traversieren eines Verkehrsweges notwendig oder wünschenswert ist, aber nicht direkt – z.B. mit einem Zebrastreifen – erfolgen kann. Mit Kabinen für 4 bis 10 Leute lassen sich Fussgängerströme mit durchschnittlichem Aufkommen bewältigen; die vorgeschlagene Metallkonstruktion wird jedoch eine kostengünstigere Lösung bieten als die herkömmlichen Unterführungen oder Brücken. Diese Erkenntnisse wurden durch die vom BFE unterstützte Entwicklungsarbeit sowie von der durchgeführten Studie der Studenten der Fachhochschule beider Basel (FHBB) bestätigt.

### Die Spezialität der Horlacher AG ist seit langem die Kunststoffverarbeitung. Wie hat sich damals der Einstieg in den Fahrzeugbau ergeben?

Als Spezialisten für die Kunststoffverarbeitung sind wir 1985 in Kontakt gekommen mit der Konstruktion von Alternativfahrzeugen für die damalige Tour-de-Sol.



Daraufhin stellten wir Bausätze für Solarfahrzeuge her, erkannten aber gleichzeitig, dass eine systematische Entwicklung beim Bau von Alltagsfahrzeugen notwendig ist. Im Rahmen der Energie-2000-Förderung konnten wir dieses Vorhaben verwirklichen und Prototypen von Alternativautos erstellen.



Max Horlacher (Mitte) zusammen mit seinen Mitarbeitern Thomas Efler (rechts) und Ernst Reinhard.

### Was waren die Schwerpunkte dieser Entwicklungsjahre?

Unser Fokus lag auf dem Leichtbau mit Kunststoffkonstruktion. Diese Struktur musste aber auch Crash-Tests bestehen. Für eine einfache Produktion und Montage war ferner Modulartechnik Voraussetzung. Alle diese Aspekte sind in unserem Modultec integriert. Wir gehen sogar davon aus, dass diese Arbeiten die Entwicklung diverser Kleinfahrzeuge, u.a. auch des Smart, positiv beeinflusst haben und freuen uns



über deren Markteinführung, die das Vertrauen in Kleinstfahrzeuge sicherlich stärkt.

### Welche Anforderungen musste Modultec erfüllen?

Die einzelnen Elemente sollten leicht, schön und herstellbar sein sowie mit einer

fertigen Innen- und Aussenfläche die Produktionsmaschine verlassen. Als Kunststoff haben wir PET evaluiert; und die einzelnen Elemente müssen die notwendige funktionale Infrastruktur des Autos, also Tankräume, Verkabelungen usw. enthalten. Als Antriebe sollen alle sinnvoll integrierbaren Lösungen berücksichtigt werden. So sollte möglicherweise im Bodenelement in Zukunft Wasserstoff für den entsprechenden Antrieb eingefüllt werden.

### Sie haben einen Modultec-Prototyp fürs Jahr 2001 angekündigt. Ist dieser Fahrplan realistisch?

Vorfürhungen des Modultec-Konzepts haben in der Vergangenheit grosse Beachtung ausgelöst. Mit einer Gruppe von interessierten Partnern arbeiten wir daran, diesen wichtigen Schritt zur Realisierung und Markteinführung dieses Automobils machen zu können.

### Finden Sie dabei auch Unterstützung bei der Schweizer Industrie?

Mussten wir in den vergangenen Jahren nicht feststellen, dass in der Schweiz die Fahrzeugbauer nacheinander verschwinden, somit bald keine Räder mehr in unserem Land montiert werden? Das ist eine



kaum förderliche Entwicklung für unser Vorhaben. Gleichzeitig spielen zahlreiche Unternehmen eine bedeutende Rolle als Zulieferer der renommierten Automobilhersteller. Deshalb sehen wir unsere Kernkompetenz eher in der innovativen Entwicklungsarbeit und in Nischenprodukten. Unser Know-how setzen wir beispielsweise



Auch US-Präsident Bill Clinton war von der Horlacher-Entwicklung beeindruckt.

ein, um Lösungen zu präsentieren, wie das Fahrzeuggewicht um die Hälfte reduziert werden kann. Und wir haben uns einer ganzheitlichen Betrachtung des Mobilitätsgedankens auf der Basis einer nachhaltigen Nutzung der Ressourcen verpflichtet.

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

In Minuten montiert: das bausteinmässig konzipierte Modultec-System.



## Modultec

Kunststoffelemente werden modular zu einem Automobil zusammengefügt, das deutlich weniger Gewicht aufweist und damit einen geringeren Energiebedarf hat. Der eingesetzte thermoplastische Kunststoff ist leicht verarbeitbar, bietet hohe Stabilität und schliesslich bewährte Rezyklierbarkeit.

# Bivalent weiter fahren

**Fritz Stuker**  
CH-8184  
Bachenbülach

**Beat Somnavilla**  
W. Schmid AG  
CH-8152  
Glattbrugg

**Martin Pulfer**  
BFE-Bereichsleiter  
Verkehr

**Martin Rügsegger**  
BFE-Bereichsleiter  
Biomasse

### Immer mehr Fahrzeuge nutzen Kompogas als Treibstoff

Bei der Vergärung von organischen Abfällen entsteht Biogas und Kompost. Dieses Biogas wird aufbereitet und komprimiert, so dass es anschliessend in entsprechend ausgerüsteten Fahrzeugen als Treibstoff eingesetzt werden kann. Weil Biogas kein zusätzliches CO<sub>2</sub> freisetzt, gilt es als CO<sub>2</sub>-neutraler Treibstoff. Dieser Vorteil schöpft das Projekt Kompogas in Bachenbülach voll aus. Bereits sind mehr als 200 Fahrzeuge in dieser Zürcher Gemeinde mit bivalentem Gas/Benzin-Betrieb unterwegs.

Fritz Stuker, Gemeinderat und Projektleiter: „Umweltschonendes Fahren als persönlicher Beitrag für eine verbesserte Luftqualität ist für viele Teilnehmer ein wichtiger Beweggrund. Der Anreiz durch die finanzielle Unterstützung mag bestimmt bei manchen den Entscheid begünstigt haben. Unser Projekt ist zwar Ende 2000 abgeschlossen; wir würden es uns wünschen, eine landesweite Aktion in Gang gesetzt zu sehen.“

### Grünabfälle gehören nicht in die Verbrennung

Ausgangspunkt war ein 1985 eingeführtes Konzept zur Kehrrichtbewirtschaftung, welches mit der Sackgebühr-Einführung abgeschlossen war. Die Grünabfälle sollten aufgrund ökologischer Aspekte dezentral verwertet werden. Doch eine Untersuchung in den Jahren 1990/91 ergab die ernüchternde Tatsache, dass rund zwei Drittel des gesamten Grünabfalls in der Kehrrichtverbrennung landeten. Dadurch drängte sich eine zentrale Lösung auf.

Die W. Schmid AG (Kompogas AG) in Glattbrugg war damals auf der Suche nach einem Standort für eine Kompogas-Anlage, in der mit Grünabfällen Energie gewonnen werden kann. Die Anlage arbeitet ohne Emissionen, da sie als geschlossenes System konzipiert wurde. Das gesamte Grüngut wird manuell und maschinell von Fremdstoffen befreit und gelangt nach dem Zerkleinerer in einen Zwischenbunker und



dann in den vollkommen abgeschlossenen, anaerob (unter Sauerstoffausschluss) arbeitenden Gärreaktor. Pro Tonne Biomüll werden 100 – 150 m<sup>3</sup> Biogas gewonnen.

Die entstehende Komposterde (ca. 10 m<sup>3</sup>/Tag) ist dank der Gärtemperatur von 55 – 60 °C während 15 – 20 Tagen hygienisiert und damit von hochwertiger Qualität.

#### Der Schritt zum Treibstoff

Aus der Nutzung dieser Anlage für den Betrieb eines Blockheizkraftwerkes entstand bald die Idee, das erzeugte Kompogas zusätzlich auch als Treibstoff für lokal und bald auch national benutzte Automobile einzusetzen. Neben der Komposterde werden täglich rund 2'600 m<sup>3</sup> Biogas mit einem Energieinhalt von ca. 1'700 Litern Benzin erzeugt. Als Unterstützung für die Beteiligung am Kompogas-Projekt wurde ein Teil der Mehrkosten für ein bivalentes Fahrzeug durch Förderbeiträge übernommen. Gleichzeitig wird seither die einem Liter Benzin entsprechende Energiemenge an Kompogas zum halben Benzinpreis abgegeben, womit die jeweiligen Betriebskosten wesentlich günstiger ausfallen.

Beat Sommariva, Marketingleiter der W. Schmid AG: „Im Raum Zürich-Nord verkehren heute insgesamt rund 300 Kompogas-Autos. Darunter auch Hotelbusse und Gewerbefahrzeuge. Zurzeit sind wir mit dem Aufbau von Kompogas-Anlagen im Westen des Landes, d.h. vom Aargau über Bern bis an den Genfersee, beschäftigt. Die Ostschweiz und das Tessin gehören zu unseren nächsten Zielgebieten, womit ein umfassendes Netz realisiert werden kann und die landesweite Nutzung von gasbetriebenen Fahrzeugen möglich wird.“



#### Anwendungsvorteile brachten exponentiellen Zuwachs

Verschiedene Autohersteller bieten heute ab Werk Fahrzeuge an, die sich wahlweise mit Benzin oder Gas betreiben lassen. Die für bivalenten Einsatz ausgelegten Fiat Multipla und Volvo haben beispielsweise den Gasspeicher im Boden integriert, so dass kein Nutzraum verloren geht. Eine Reichweite von rund 450 km mit Gas plus dem zusätzlichen Benzin-Anteil bringt einen entscheidenden Vorteil bei einer nach wie vor geringen Dichte an Tankstellen. Diese lassen sich allerdings überall dort bauen, wo ein Zugang zum Erdgasnetz vorhanden ist. Inzwischen sind weitere Tankstellen in Brugg, Lenzburg, Bern, Biel, Solothurn, Rapperswil und Morges entstanden.

Die Umschaltung von Gas auf Benzin erfolgt im Auto bei Bedarf per Knopfdruck. Um diese Technik ausprobieren zu können, bietet die Gemeinde Bachenbülach Mietautos mit bivalentem Betrieb an. Das Kompogas-Projekt wurde als umweltschonendes Mobilitätskonzept erklärt und als Pendant zum LEM-Versuch in Mendrisio (Tessin) verstanden. Verbrauchswerte und Erfahrungen wurden erfasst und dienen zur Analyse des vom BFE, vom Kanton und der Gemeinde unterstützten Projekts.

*Kreislauf der Verwertung von Grünabfällen mit den Nutzungsmöglichkeiten von Gas, Strom, Komposterde, Flüssigdünger und Wärme.*

#### Internet-Links

Alles zum Thema Biogas-Verwertung und Nutzung als Energieträger  
[www.kompogas.ch](http://www.kompogas.ch)

## Miteinander statt alleine

Zahlreiche Forschungsaktivitäten nutzen die internationalen Netzwerke und Förderprogramme

Forschungsaktivitäten im internationalen Rahmen ergänzen die Schweizer Aktivitäten in idealer Weise. Deshalb unterstützt das Bundesamt für Energie (BFE) auch Projekte, die in Zusammenarbeit mit Fachleuten aus anderen Ländern durchgeführt werden.

#### Rahmenprogramme der EU

Bereits liegen 13 Jahre zurück seit der ersten Schweizer Beteiligung am Rahmenprogramm für Forschung und technologische Entwicklung der Europäischen Union (EU). Im Bereich Energie des 4. Rahmenprogramms von 1995 – 1998 war die Schweiz mit 108 Beteiligten vertreten (davon 29 im Programm „Nuclear Fission safety“). Beim Sektor der konventionellen und der erneuerbaren Energien, die zu den Programmen JOULE (Joint Opportunities for Unconventional or Longer-term Energy supply) und THERME (Technologies Européennes pour la Maîtrise de l'Energie) gehören, konnten insgesamt 79 Beteiligungen in 69 Projekten (68 Teilnehmer in 59 JOULE-Projekten und 11 Teilnehmer in 10 THERME-Projekten) verzeichnet und damit ein nachhaltiger Erfolg der Schweizer Forschungszusammenarbeit erzielt werden.

Inzwischen ist das 5. Rahmenprogramm (1999 – 2002) gestartet worden. Die Schweiz stellt finanzielle Beiträge von 122 Mio. CHF – als neue Verpflichtungen für das Jahr 2000 – zur Verfügung. Das Programm im Energiebereich heisst EESD (Energy, Environment and Sustainable Development). Es sind bereits 40 Projekte angenommen.

#### IEA – die Agentur mit Profil

Die International Energie-Agentur (IEA) wurde 1974 als unabhängige Organisation innerhalb der OECD gegründet. Wesentlicher Aspekt der Tätigkeiten stellt die Unterstützung von Forschung, Entwicklung und Demonstration neuer Energietechnologien dar, die zur Reduktion der Öl-Abhängigkeit, zur langfristigen Sicherung der Energien und zur Verminderung des Treibhauseffekts dienen. Beim Grossteil der Programme sind Schweizer Beteiligungen zu verzeichnen.



#### Informationsdienste für Forscher

ETDE (Energy Technology Data Exchange) bietet eine Datenbank (ETDEWEB – ETDE World Energy Base) mit Energieberichten, Konferenzbeiträgen und Büchern. Über 4 Millionen Einträge zeichnen die 1987 im Rahmen der IEA gegründeten Struktur aus. Seit dem 16. November 1999 wird auch diese Internet-Dienstleistung geboten. Die 700'000 Zusammenfassungen können nach einer Registrierung kostenlos genutzt werden (download).

INFO2000 ist ein Programm der EU zur Förderung des europäischen Marktes für Informationsinhalte. Über die Homepage hat man ferner auch Zugriff auf das EU-Informationssystem CORDIS.

**ETDEWEB**

#### Internet-Links

Die Rahmenprogramme der EU sind beim Bundesamt für Bildung und Wissenschaft (BBW) und bei CORDIS zu finden:  
[www.admin.ch/bbw](http://www.admin.ch/bbw)  
[www.cordis.lu/src/d\\_001\\_en.thm](http://www.cordis.lu/src/d_001_en.thm)

IEA – Internationale Energie-Agentur bietet einen Überblick  
[www.iea.org](http://www.iea.org)

ETDE die weltweite Datenbank zur Energieforschung mit Schweizer Beiträgen  
[www.etde.org/etdeweb](http://www.etde.org/etdeweb)

INFO2000  
<http://158.169.50.95:10080/info2000>

Weitere Informationssysteme zu Forschungsthemen.  
[www.energy-research.ch](http://www.energy-research.ch)  
[www.aramis-research.ch](http://www.aramis-research.ch)  
[www.swiss-science.org](http://www.swiss-science.org)

und ENET mit allen im Energiebereich relevanten Schweizer Publikationen  
[www.energieforschung.ch](http://www.energieforschung.ch)

Und zwei weitere Informationssysteme bieten einen Einstieg für Daten über Forschungsprojekte und Entwicklungsvorhaben der Schweiz: energy-research und aramis-research.



**Christophe de Reyff**  
BFE, Energieforschungs-Koordination und Technologietransfer



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

Energieforschung allgemein

**PSI-Jahresbericht 1999:** Allgemeiner Teil / PSI. – 02.2000 – 73 S. SFr. – Nr. 200056

**Forschungs- und Entwicklungsinitiativen:** Für Firmen relevante nationale und internationale Initiativen im Überblick: Broschüre / Euro-Beratung 05.2000 – 18 S. SFr. 15.00 Nr. 200063

**Evaluation:** Investitionsprogramm Energie 2000, Auswirkungen auf Wirtschaft, Energie, Umwelt: Schlussbericht / Iten, R.; Hammer, S.; Kessler, S.; Brunner, S.; BFE. – 11.1999 – 242 S. zu beziehen bei EDMZ 805.519 d, Nr. 200064

**Internationale Zusammenarbeit mit IEA-HPP und EU:** Statusbericht / Afjei, Th.; BFE. – 08.2000 – 15 S. SFr. 15.00 Nr. 200065

Abwärme

**Abwärmenutzung aus bestehendem Schmutzwasserkanal in Zwingen:** Energiebilanz und Betriebsverhalten im Jahr 1999: Zwischenbericht / Längin, E.; BFE. – 03.2000 – 18 S. SFr. 15.00 Nr. 200030

Biomasse

**Production de biogaz à partir de déchets organiques humides:** Rapport final / Membrez, Y.; Descloux, D.; Dubois, B.; Schwitzguébel, J.P.; Wellinger, A.; OFEN. – 03.2000 – 100 S. SFr. 40.00 Nr. 200027

**Rationelle Energieanwendung in der Landwirtschaft (REAL):** Jahresbericht 1999 / Hersener, J.L.; Meier, U.; BFE. – 01.2000 – 8 S. SFr. – Nr. 200038

**Pflanzenöleinsatz im schnelllaufenden, direkteingespritzten PKW-Dieselmotor:** Jahresbericht 1999 / Meyer, M.; BFE. – 01.2000 – 12 S. SFr. – Nr. 200039

**Prozessverhalten von in der Schweiz eingesetzten MSW-Gär-systemen unter dem Einfluss steigender Anteile an Küchen-abfälle:** Phase II: Jahresbericht 1999 / Schober, G.; BFE. – 01.2000 – 8 S. SFr. – Nr. 200040

**Stromproduktion aus Feststoff-Vergärung:** Ökobilanz: Schlussbericht / Schleiss, Konrad.; Edelmann, Werner.; BFE; Biogas Forum. – 01.2000 – 47 S. SFr. 20.00 Nr. 200119

**Valorisation bioénergétique de fumiers de volailles («GALIGAZ»):** Rapport final / Membrez, Yves.; Clément-Arnold, Elisabeth.; Schwitzguébel, Jean-Paul.; Dubois, Bernard.; Kuhn, Christian.; Heckly, Claude.; OFEN. – 03.2000 – 71 S. SFr. 30.00 Nr. 200122

**Transfer of cesium from the xylem to the phloem in the stem of wheat:** Biologia plantarum 43 (2): 309 – 311 / Feller, U.; Riesen, T.; Zehnder, H.-J.; Biologia Plantarum 10.2000 – 3 S. SFr. – Nr. 200108

**ENET-News Nr. 45 deutsch /** ENET. – 08.2000 – 35 S. SFr. – Nr. 200111

**ENET-News Nr. 45 français /** ENET. – 08.2000 – 35 S. SFr. – Nr. 200112

**Nuovo Centro Sportivo Bellinzona:** Impianto di recupero del calore dall’impianto di produzione del ghiaccio e misurazione e controlli delle energie: Schlussbericht / Rusconi SA.; Colombo & Pedroni SA.; Rigozzi SA.; Municipio della Città di Bellinzona.; BFE. – 05.2000 – 78 S. SFr. 40.00 Nr. 200031

**Caractérisation de filières de production de bioéthanol dans le contexte helvétique:** Rapport final / Fromentin, A.; Biollay, F.; Dauriat, A.; Lucas-Porta, H.; Marchand, J.-D.; Sarlos, G.; OFEN. – 03.2000 – 99 S. SFr. 40.00 Nr. 200123

**Caractérisation de filières de production de bioéthanol dans le contexte helvétique:** Annexes au rapport final / Fromentin, A.; Biollay, F.; Dauriat, A.; - Lucas-Porta, H.; Marchand, J.-D.; Sarlos, G.; OFEN. – 03.2000 – 176 S. SFr. 60.00 Nr. 200124

**Co-digestion of organic solid waste and sludge from sewage treatment:** IWA Publishing 2000, 213-221 / Edelmann, W.; Engeli, H.; Gradenecker, M.; IWA. - 10.2000 - 9 S. SFr. 15.00 Nr. 200106

**Ecological, energetic and economic comparison of anaerobic digestion with different competing technologies to treat biogenic waste:** IWA Publishing 2000, 263 - 273 / Edelmann, W.; Schleiss, K.; Joss, A.; IWA. - 10.2000 - 10 S. SFr. 15.00 Nr. 200107

Elektizitätsnutzung und -verteilung

**Assessing the impacts of high temperature superconductivity:** Jahresbericht 1999 / Vecsey, G.; BFE. – 01.2000 – 3 S. SFr. – Nr. 200042

**Zuverlässigkeit von Sicherheitsschaltungen gegen Inselbildung:** Jahresbericht 1999 / Real, M.; BFE. – 01.2000 – 5 S. SFr. – Nr. 200044

**Flywheel energy storage for wind power generation FlyWIP:** Jahresbericht 1999 / von Burg, P.; BFE. – 12.1999 – 4 S. SFr. – Nr. 200045

**Entwicklung neuer systemorientierter FACTS-Elemente:** Jahresbericht 1999 / Schäfer, C.; BFE. – 12.1999 – 8 S. SFr. – Nr. 200046

**10 MVA-Hochtemperatur-Supraleitungs-Transformator:** Jahresbericht 1999 / Zueger, H.; BFE. – 01.2000 – 5 S. SFr. – Nr. 200047

**Betreuung des Kompetenzzentrums Energie- und Informationstechnik:** Jahresbericht 1999 / Aebischer, B.; BFE. – 12.1999 – 4 S. SFr. – Nr. 200048

**Feldtest von Hochleistungskochsystemen:** Jahresbericht 1999 / Erb, M.; BFE. – 12.1999 – 4 S. SFr. – Nr. 200049

**Vernetzung im Haushalt:** Jahresbericht 1999 / Aebischer, B.; BFE. – 12.1999 – 2 S. SFr. – Nr. 200050

**Energieeinsparungen bei Druckluftanlagen in der Schweiz:** Jahresbericht 1999 / Gloor, R.; BFE. – 12.1999 – 4 S. SFr. – Nr. 200052

**AC Manager: P&D-Projekt in der Bundesverwaltung:** Jahresbericht 1999 / Huser, A.; BFE. – 01.2000 – 4 S. SFr. – Nr. 200053

Energiewirtschaftliche Grundlagen

**Verbesserte Deckung des Nuklearrisikos zu welchen Bedingungen ? /** Zweifel, P.; Umbricht, R.D.; BFE. - 07.2000 - 81 S. SFr. 40.00 Nr. 200026

Geothermie

**Erneuerbarkeit von Erdwärme – gemeinsame Erklärung /** Eugster; Walter J.; Huber, A.; BFE. – 10.2000 – 5 S. SFr. 15.00 Nr. 200115

**Neue systemorientierte FACTS-Elemente:** Schlussbericht / Westermann, D.; BFE.; PSEL. – 05.2000 – 23 S. SFr. 15.00 Nr. 200076

**Neue sytemorientierte FACTS-Elemente:** Zusammenfassung Schlussbericht / Westermann, D.; BFE.; PSEL. – 05.2000 – 4 S. SFr. – Nr. 200077

**Konzept BFE-Forschungsprogramm «Elektrizität» 2000-2003:** Konzept / Brüniger, R.; BFE. – 08.2000 – 54 S. SFr. 30.00 Nr. 200089

**Servernutzung in Klein- und Mittelbetrieben:** eine empirische Untersuchung zum effektiven Bedarf von Netzwerk-Servern in der Nacht und an Wochenenden/Feiertagen in Klein- und Mittelbetrieben in der Deutschschweiz: Schlussbericht / Gubler, M.; Peters, M.; BFE. – 09.2000 – 52 S. SFr. 20.00 Nr. 200093

**Servernutzung in Klein- und Mittelbetrieben:** eine empirische Untersuchung zum effektiven Bedarf von Netzwerk-Servern in der Nacht und an Wochenenden/Feiertagen in Klein- und Mittelbetrieben in der Deutschschweiz: Zusammenfassung / Gubler, M.; Peters, M.; BFE. – 09.2000 – 4 S. SFr. – Nr. 200094

**Untersuchung des Verhaltens von Endbenutzern bezüglich Ein- und Ausschalten von PCs:** Schlussbericht / Frauenfelder, S.; Berays, L.; BFE. – 09.2000 – 23 S. SFr. 15.00 Nr. 200095

**Untersuchung des Verhaltens von Endbenutzern bezüglich Ein- und Ausschalten von PCs:** Zusammenfassung / Frauenfelder, S.; Berays, L.; BFE. – 09.2000 – 4 S. SFr. – Nr. 200096

**Erhebung der durchschnittlichen Energiekennzahlen für Neubauten in 13 Kantonen:** Bericht / Brühlmann, K.; Tochtermann, D.; BFE. - 09.2000 - 50 S. SFr. 20.00 Nr. 200028



Holz

**IEA Bioenergy Agreement – Task 20, Thermal Gasification:**  
Jahresbericht 1999 / Bühler, R.; BFE. – 12.1999 – 10 S. SFr. – Nr. 200032

**Kontinuierliche Teerbestimmung bei Holzvergasern mittels FID:**  
Jahresbericht 1999 / Hasler, P.; Nussbaumer, Th.; BFE. – 07.2000 – 7 S. SFr. – Nr. 200033

**Partikelabscheidung bei Holzfeuerungen mit Wirbeltrennverfahren und Kappa-Zyklon:**  
Jahresbericht 1999 / Oser, M.; Nussbaumer, Th.; BFE. – 01.2000 – 4 S. SFr. – Nr. 200034

**Auslegungsgrundlagen für Holzfeuerungen:**  
Jahresbericht 1999 / Bruch, C.; Nussbaumer, Th.; BFE. – 01.2000 – 9 S. SFr. – Nr. 200035

**Grundlagen der Aerosolbildung in Holzfeuerungen:**  
Jahresbericht 1999 / Oser, M.; Nussbaumer, Th.; BFE. – 01.2000 – 4 S. SFr. – Nr. 200036

**Entwicklung eines Mess- und Prüfverfahrens zur Bestimmung von Wirkungsgrad und Emissionen von Holz-Feuerstätten schwerer Bauart (Speicheröfen):**  
Jahresbericht 1999 / Gaegauf, C.; Macquat, Y.; BFE. – 01.2000 – 7 S. SFr. – Nr. 200037

**Fuel Staging for NOx Reduction in Automatic Wood Furnaces:**  
Diss. ETH No 13531 / Salzmann, R.; 04.2000 – 148 S. SFr. 40.00 Nr. 200097

**Luftreinhaltung, Haus-Systeme und Stromerzeugung:**  
Tagungsband zum 6. Holzenergie-Symposium 20.10.2000 / Thomas Nussbaumer (Hrsg.) 04.2000 – 148 S. SFr. 40.00 Nr. 200097

Fotovoltaik

**16th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition Glasgow 1–5 May 2000 aus Schweizer Sicht:**  
Bericht / Nowak, S. et al.; BFE. – 06.2000 – 36 S. SFr. 20.00 Nr. 200029

**OptiPV:** Optimaler Systemaufbau von kostengünstigen PV-Anlagen: Planungsunterlage/ Renken, C.; Muntwyler,U.; BFE. – 07.2000 – 35 S. SFr. 20.00 Nr. 200057

**Literature survey and analysis of non-technical problems for the introduction of building integrated photovoltaic systems:**  
Task VII, Report IEA PVPS 7-01:1999 / van Mierlo, B.; Oudshoff, B.; 03.1999 – 46 S. SFr. 20.00 Nr. 200105

**Centrale di prova per componenti e sistemi per progetti nel campo della tecnica fotovoltaica:** TISO – periodo V: 1997–1999 / Camani, Mario; Travaglini, Giorgio; Cereghetti, Nerio; Chiancese, Domenico; Rezzonico, Sandro; BFE. – 02.2000 – 108 S. SFr. 50.00 Nr. 200134

Solarwärme

**Gain control for solar wall heating with transparent insulation (TI) - Requirements for cost effective application of natural ventilation in multifunctional and ventilated façades (MFVF):**  
zusammenfassender Beitrag EuroSun 2000 Konferenz / Haller, A.; Althaus, H.-J.; Platzer, W.J.; Goerdts, W.; Ernst Schweizer AG; ISE; PSE. – 07.2000 – 8 S. SFr. 15.00 Nr. 200058

**Hinterlüftete, transparent wärmegeämmte Vorhang-fassadenelemente:**  
Schlussbericht / Schneiter, P.; Haller, A.; BFE; BBT; Eternit AG. – 05.2000 – 81 S. SFr. 40.00 Nr. 200059

**Solar energy materials & solar cells 239–253: Round robin on accelerated life testing of solar absorber surface durability:**  
Bericht / Brunold, S.; Frei, U.; Carlsson, B.; Müller, K.; Köhl, M.; SPF; SP; ISE. – 09.1999 – 16 S. SFr. 15.00 Nr. 200060

**Solar energy materials & solar cells 223–238: Comparison between predicted and actually observed in-service degradation of a nickel pigmented anodized aluminium absorber coating for solar DHW systems:**  
Bericht / Carlsson, B.; Müller, K.; Köhl, M.; Frei, U.; Brunold, S.; Swedish National Testing and Research Institute; SPF; Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems. – 09.1999 – 16 S. SFr. 15.00 Nr. 200061

**Solar energy materials & solar cells 255–275: Qualification test procedure for solar absorber surface durability:**  
Bericht / Calsson, B.; Müller, K.; Köhl, M.; Frei, U.; Brunold, S.; Swedish National Testing and Research Institute; Fraunhofer Insitute for Solar Energy Systems, SPF. – 09.1999 – 21 S. SFr. 15.00 Nr. 200062

**Motivation zum Einsatz von Sorptionsspeichern in der thermischen Solartechnik:**  
Bericht / Gantenbein, P.; Frei, U.; BFE. – 06.2000 – 7 S. SFr. 15.00 Nr. 200066

**Sommersonne für den Winter speichern – ein Traum? :**  
Sonderdruck SI+A, 14/20 Gantenbein, P.; Frei, U.; BFE. – 06.2000 – 7 S. SFr. 15.00 Nr. 200066

**Etude d’une maison solaire active avec stockage en dalles au Tessin:**  
Rapport final / Pahud, D.; OFEN. – 09.2000 – 40 S. SFr. 20.00 Nr. 200102

**Renovieren mit der Sonne:** Solarenergienutzung im Altbau: ISBN 3-922964-81-8 Haller, Andreas.; Humm, Othmar.; Voss, Karsten.; BFE. – 10.2000 – 181 S. im Buchhandel erhältlich Nr. 200117

**Lösungsansätze zur Reduktion von Problemen bei sommerlichem Wärmeüberschuss von thermischen Solaranlagen /**  
Frei, Ueli; Institut für Solartechnik der Hochschule Rapperswil. – 11.2000 – 6 S. SFr. – Nr. 200128

Verkehr

**Grossversuch mit Leicht-Elektromobilen (LEM) in Mendrisio:**  
3. Zwischenbericht / Energie 2000. – 08.2000 – 48 S. SFr. 20.00 Nr. 200100

**Grossversuch mit Leicht-Elektromobilen in Mendrisio:** Bevölkerungsbefragung 1999, Bekanntheit und Beurteilung von LEM und Fördermassnahmen, Preiserwartungen/-vorstellungen zu verschiedenen LEM-Typen: Berichtsband / Meier, E.; Simon, M.; BFE. – 07.2000 – 103 S. SFr. 40.00 Nr. 200092

**Einsatz biomodaler Gütertransportesysteme:**  
Schlussbericht / Schneider, S.; BFE. – 08.2000 – 36 S. SFr. 20.00 Nr. 200109

Wärme-Kraft-Kopplung

**Abfall-Lösungsmittelbewirtschaftung in der chemischen Industrie:**  
Zwischenbericht / Jahn, C.; BFE. – 08.2000 – 50 S. SFr. 20.00 Nr. 200067

**Pompe à Chaleur Haute Température, Phase 1: Solution avec compresseur à injection vapeur:**  
Rapport final / Brand, F.; Zehnder, M.; Favrat, D.; OFEN. – 06.2000 – 37 S. SFr. 20.00 Nr. 200090

**Wärmepumpenprozess für die Heizungssanierung, Phase 1:**  
Lösung mit Economizer und Zwischendruckansaugung: Abstract / Zogg, M.; BFE. – 06.2000 – 2 S. SFr. – Nr. 200091

**Charakteristiken von Vielzellen- und Scrollkompressoren, Etappe 1:** Vielzellenkompressor EUROVANE 140: Zwischenbericht / Zingerli, A.; Ehrbar, M.; BFE. – 09.2000 – 43 S. SFr. 20.00 Nr. 200114

**CO<sub>2</sub>-effizienter Kalkschutz bei Solaranlagen:** Physikalischer Kalkschutz: Hokusfokus oder Realität; Erfahrungen aus einem Forschungsprojekt /Frei, Ueli; Institut für Solartechnik der Hochschule Rapperswil. – 11.2000 – 6 S. SFr. – Nr. 200129

**Korrosionsverhalten von wässrigen Glykol-Wärmeträgern für Solaranlagen bei Einsatz-Temperaturen von über 160 °C (Vorversuche):**  
Bericht / Werner, R.; Zöbeli, M.; BFE; Institut für Solartechnik der Hochschule Rapperswil; EMPA Dübendorf. – 10.2000 – 20 S. SFr. 15.00 Nr. 200130

**Solar Combisystems in Austria, Denmark, Finland, France, Germany, Sweden, Switzerland, the Netherlands and the USA: IEA SHC-Task 26:**  
Overview 2000 / IEA. - 09.2000 - 42 S. SFr. 20.00 Nr. 200025

**Ökobilanz und Energiesparpotential von muskelkraftverstärkenden Zweirädern am Beispiel des Elektrobikes FLYER/**  
Häuselman, C.; Wolf, C.; Bundesamt für Energie; Wasser- und Energiewirtschaft des Kantons Bern; Kantonales Amt für Industrie, Gewerbe und Arbeit des Kantons Bern. – 01.2000 – 125 S. SFr. 50.00 Nr. 200116

**Oxygenated Fuels for Particulate Emissions, Reduction in Heavy-Duty DI-Diesel Engines with Common-Rail Fuel Injection:**  
SAE technical paper series 2000-01-2885 / Bertola, Andrea; Boulouchos, Konstantinos; BFE; SAE. – 10.2000 – 13 S. SFr. 15.00 Nr. 200135

**Kostengünstige Wärmepumpenheizung für Niedrigenergie-häuser:** Grundlagen, Planungsvorgehen und Beispiele: Technisches Handbuch / Afjei, Thomas.; Bühring, Andreas.; Dürig, Markus.; Huber, Arthur.; Keller, Patrick.; Shafai, Esfandiar.; Widmer, Petra.; Zweifel, Gerhard.; BFE. – 10.2000 – 95 S. SFr. 40.00 Nr. 200126

**Kleinwärmepumpe mit Ammoniak, Phase 2, Etappe 1:**  
Funktion: Zwischenbericht / Kopp, Th.; BFE. – 10.2000 – 51 S. SFr. 20.00 Nr. 200131

**Geringere Abtauverluste bei Luft/Wasser-Wärmepumpen, Phase 1:** Detaillierte Analyse der heute üblichen Abtaumethoden: Abstrakt zu Schlussbericht 200133 / Hubacher, Beat; Ehrbar, Max; BFE. – 10.2000 – 3 S. SFr. – Nr. 200132

**Verbesserung des Abtauens bei luftbeaufschlagten Verdampfern:** Analyse gängiger Abtauverfahren: Schlussbericht / Hubacher, Beat; Ehrbar, Max; BFE. – 10.2000 – 156 S. SFr. 50.00 Nr. 200133



Biomasse

<b>Co-Vergärung von biogenen Abfallstoffen in landwirtschaftlichen Biogasanlagen – Prozessverhalten und Dimensionierungsgrössen volldurchmischter Fermenter:</b> Jahresbericht 1999 / Baserga, U.; BFE. – 01.2000 – 3 S. SFr. – Nr. 200041	<b>Kompakt-Biogasanlage 1, 2+3: Zusammenfassung und Betriebsauswertung der Anlagen:</b> J. Schmid; R. Grossenbacher; F. Grass; Böhni, Thomas.; BFE. – 05.2000 – 18 S. SFr. 15.00 Nr. 200120
<b>Emissionsarme Brennkammer mit nachgeschaltetem Wasserwärmetauscher:</b> Schlussbericht / Imbach, K.; BFE. – 08.2000 – 22 S. SFr. 15.00 Nr. 200073	<b>Pflanzenöl als Treibstoff im VW Lupo:</b> Erfahrungsbericht (Phase 3) / Böhni, Thomas.; BFE. – 05.2000 – 14 S. SFr. 15.00 Nr. 200121

Elektrizitätsnutzung und -verteilung

<b>Compresseur hydraulique-isothermique:</b> Jahresbericht 1999 / BFE. – 01.2000 – 4 S. SFr. – Nr. 200043	<b>Messungen an Reisezugwagen in Klimakammer Olten:</b> Jahresbericht 1999 / Thomi, F.; BFE. – 01.2000 – 3 S. SFr. – Nr. 200055
<b>Marktuntersuchungen für ein Prüfinstitut Antriebssysteme:</b> Jahresbericht 1999 / Gloor, R.; BFE. – 12.1999 – 3 S. SFr. – Nr. 200051	<b>Energieeinsparungen bei Druckluftanlagen in der Schweiz:</b> Schlussbericht / Gloor, R.; BFE. – 07.2000 – 27 S. SFr. 15.00 Nr. 200082
<b>Marktuntersuchung für ein Prüfinstitut Antriebssysteme:</b> Schlussbericht / Gloor, R.; BFE. – 07.2000 – 23 S. SFr. 15.00 Nr. 200084	<b>Energieeinsparungen bei Druckluftanlagen in der Schweiz:</b> Zusammenfassung Schlussbericht / Gloor, R.; BFE. – 07.2000 – 5 S. SFr. – Nr. 200083
<b>Marktuntersuchung für ein Prüfinstitut Antriebssysteme:</b> Zusammenfassung Schlussbericht / Gloor, R.; BFE. – 07.2000 – 4 S. SFr. – Nr. 200085	

<b>Energiesparen bei Reisezugwagen:</b> Jahresbericht 1999 / Brunner, C.U.; BFE. – 12.1999 – 2 S. SFr. – Nr. 200054	
--	--

Gebäude

<b>Handbuch für kostengünstige Niedrigenergie- und Passivhäuser /</b> Afjei, Th.; Huber, A.; BFE. – 09.2000 – 8 S. SFr. 15.00 Nr. 200098	<b>Ventilation contrôlée à débit minimal dans un immeuble rénové:</b> Rapport final / Keller, L.; Maillard, S.; Frosio, Y.; OFEN. – 07.2000 – 54 S. SFr. 25.00 Nr. 200101
<b>Dimensionierung erdgekoppelter Kälte- und Wärme-erzeugungsanlagen mit dem Programm EWS:</b> Bericht / Huber, A.; Widmer, P.; BFE. – 09.2000 – 6 S. SFr. 15.00 Nr. 200099	

Kleinwasserkraftwerke

<b>Gemeinde Duvin, GR: Wasserversorgung Trinkwasser-Klein-kraftwerk:</b> Schlussbericht / Schaer, W.; 11.1999 – 17 S. SFr. 15.00 Nr. 200070	<b>Kleinwasserkraftwerk Seealp-Wassserauen:</b> Variantenstudie für eine Erneuerung / ITECO Ingenieurunternehmung AG.; Energie- und Wasserversorgung Appenzell. – 02.2000 – 33 S. SFr. 20.00 Nr. 200074
<b>KWK Mühlbach:</b> Schlussbericht / Meier, E.; BFE. – 12.1999 – 10 S. SFr. 15.00 Nr. 200071	<b>Kleinstwasserkraftwerke in der Schweiz: Zuwachs 1985 bis 1997:</b> Presseauswertung und Umfrageergebnisse Kleinstwasserkraftwerke bis 300 Kilowatt: Schlussbericht Startphase / Bieri, F.; Leutwiler, H.; BFE. – 01.2000 – 38 S. SFr. 20.00 Nr. 200075
<b>Internetauftritt PKWK Web Phase II &amp; III:</b> Schlussbericht / Widmer, R.; BFE. – 11.1999 – 170 S. SFr. 60.00 Nr. 200072	<b>Wasserkraftwerk «Mühle» Derendingen:</b> Schlussbericht / Messerli, M.; BFE; Energie 2000. – 06.2000 – 34 S. SFr. 20.00 Nr. 200104

Fotovoltaik

<b>1-Megawatt-Solarkette der NOK: Feinmessungen und Analysen zur Beurteilung des Langzeitbetriebsverhaltens von netzgekoppelten Photovoltaikanlagen:</b> Normierte Daten 1999 / Roth, S.; PSEL; BFE. – 06.2000 – 70 S. SFr. 30.00 Nr. 200103	<b>HORIZsolar: Entwicklung und Erarbeitung eines neuen und kostengünstigen Gerätes zur zeitgemässen und exakten Aufnahme des Horizontes:</b> Schlussbericht / Meier, Christian.; Frei, Roland.; BFE. – 09.2000 – 25 S. SFr. 15.00 Nr. 200125
<b>Sonnensegel Münsingen:</b> Schlussbericht / Kormann, Stephan.; BFE. – 09.2000 – 15 S. SFr. 15.00 Nr. 200118	

Solararchitektur und Tageslichtnutzung

<b>Solarhaus Höhiblick Herisau:</b> Schlussbericht / Dransfeld, Peter; BFE; Kanton AR. – 10.2000 – 63 S. SFr. 25.00 Nr. 200127	
---	--

Wärme-Kraft-Kopplung

<b>Grosswärmepumpen: Kostenermittlung und Marktsituation:</b> Schlussbericht / Roth, S.; Montani, A.; Hinder, B.; BFE. – 08.2000 – 39 S. SFr. 20.00 Nr. 200069	<b>Grundwasser-Wärmepumpenanlage Wohnüberbauung «Husrüti» in Münsingen/BE: Erfolgskontrolle und Umsetzung, Projekt-Nr. 14239:</b> Schlussbericht / Kurz, M.; BFE. – 06.2000 – 13 S. SFr. 15.00 Nr. 200086
<b>Le Vieux Manoir:</b> Kältemaschinen als Wärmepumpen im Hotelbetrieb, DIS-Projekt 12515, 2. Messperiode: Schlussbericht / Huber, R.; BFE. – 06.2000 – 14 S. SFr. 15.00 Nr. 200078	<b>Grundwasser-Wärmepumpenanlage Wohnüberbauung «Husrüti» in Münsingen/BE: Erfolgskontrolle und Umsetzung, Projekt-Nr. 14239:</b> Zusammenfassung Schlussbericht / Kurz, M.; BFE. – 06.2000 – 2 S. SFr. – Nr. 200087
<b>Le Vieux Manoir:</b> Kältemaschinen als Wärmepumpen im Hotelbetrieb, DIS-Projekt 12515, 2. Messperiode: Zusammenfassung / Huber, R.; BFE. – 06.2000 – 3 S. SFr. – Nr. 200079	<b>Oberstufenzentrum Remisberg Kreuzlingen: Qualitätsplanung – Betriebsoptimierung – Qualitätsprüfung – Wirtschaftlichkeit /</b> Höltschi, M.; Zahn, R.; Mayer, H.; Gabathuler, H.R.; BFE. – 12.1999 – 35 S. SFr. 20.00 Nr. 200088
<b>Centrale termica Morettina Locarno, Rapporto d’ercizio:</b> Rapporto finale / Ceschi, A.; BFE. – 03.2000 – 30 S. SFr. 15.00 Nr. 200080	
<b>Centrale termica Morettina Locarno, Rapporto d’ercizio:</b> Zusammenfassung / Ceschi, A.; BFE. – 03.2000 – 2 S. SFr. – Nr. 200081	