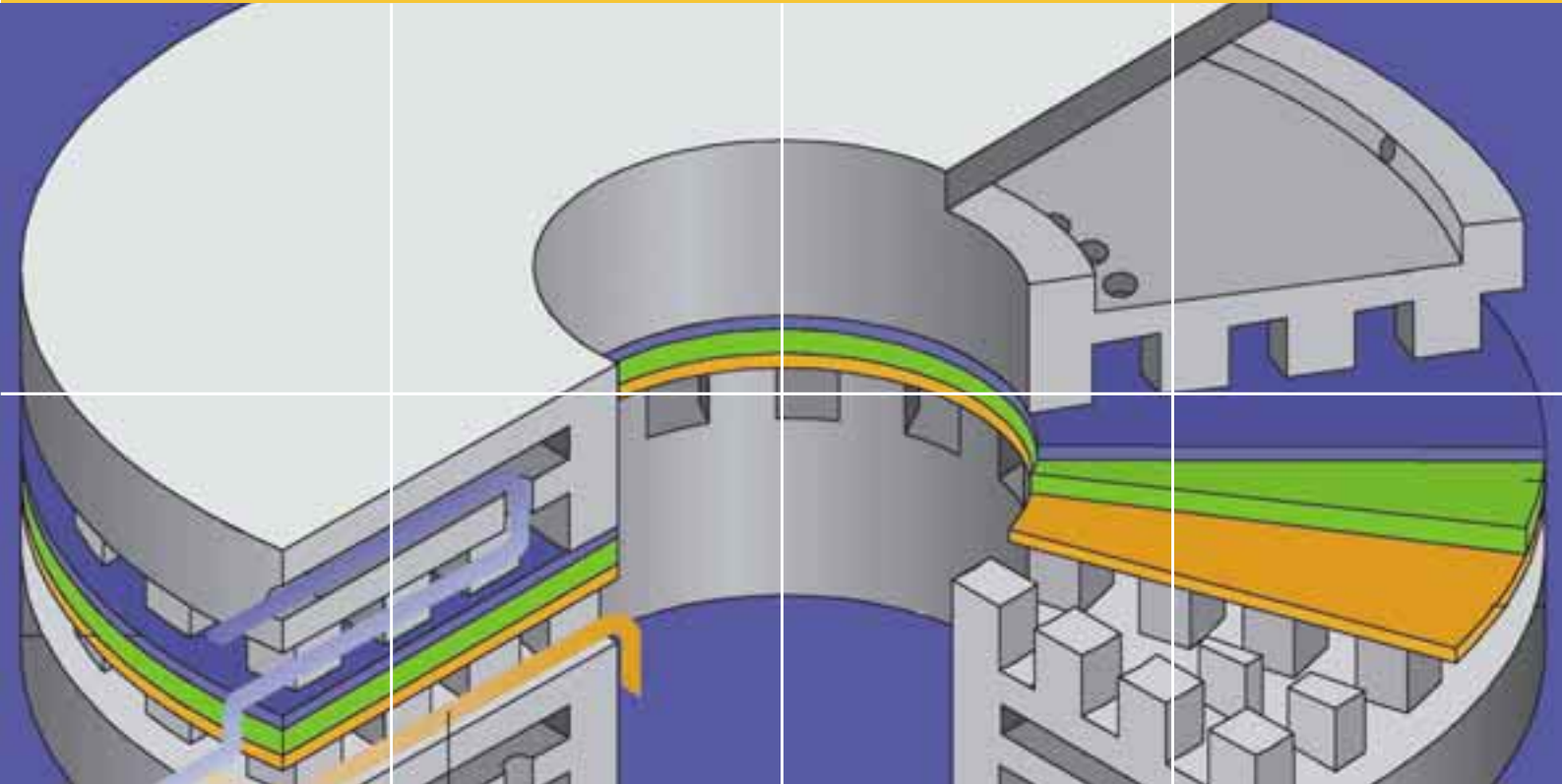


Juni 2001

ENET NEWS

Informationen zur Energieforschung



Geothermie
Die Tiefe ist erreicht

Brennstoffzellen
Das BFE nährt keine Illusionen

Kernenergie
Passive Systeme erhöhen die Sicherheit

www.energieforschung.ch

 **energie**schweiz

BFE

Neues Domizil in Ittigen bei Bern3

ENET

www.energieforschung.ch4

Drehscheibe zwischen

Forschung und Wirtschaft7

Verkehr

Förderprogramm NewRide9

CORE

Auf einem nachhaltigen Pfad10

Energiewirtschaftliche Grundlagen

Auswirkungen der Atominitiativen12

Kleinwasserkraftwerke

Strommarktöffnung – quo vadis?13

**Geothermie**

Die Tiefe ist erreicht14

Biomasse

Mehr als nur Energie produzieren16

Holz

Der Wind hat ein Feuer entfacht18

**Brennstoffzellen**

Die Brennstoffzellen-Technologie in der

Schweiz19

Das BFE nährt keine Illusionen22

PSI: Kompetenz durch Fokussierung24

Im Dreiklang tönts viel versprechend27

Umgebungswärme

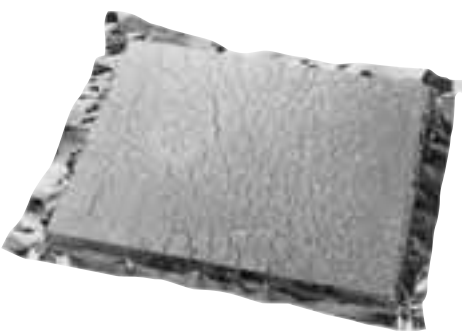
Abtauen braucht zu viel Strom30

Wärmepumpe für den Sanierungsmarkt...31

Elektrizität

Daten sind gefragt32

Standby in Diskussion32

**Gebäudesysteme**

VIP – „Vacuum Insulated Panels“33

Kernenergie

Neue Reaktorkonzepte mit passiven

Sicherheitssystemen35

Neue Publikationen38

Veranstaltungen39

Impressum

ENET-NEWS

Informationen zur Energieforschung

Juni 2001 / Nr. 48

Erscheinungsweise: vierteljährlich in
deutscher und französischer Version

Herausgeber

Bundesamt für Energie BFE

Worblentalstrasse 32

CH-3063 Ittigen

Postadresse

Postfach

CH-3003 Bern

Redaktion

ENET Kommunikation

Jürg Wellstein

Parkstrasse 15

CH-4106 Therwil

Tel. +41 61 726 92 18

Fax +41 61 726 92 11

enet.kommunikation@bro.ch

Anzeigen:

ENET Kommunikation

Sibylle Clerc

Tel. +41 61 726 92 36

Fax +41 61 726 92 41

s.clerc@bro.ch

Französisch-Übersetzung

Jean-Marc Suter

Nachdruck nur mit Quellenangabe.

Papier chlorfrei gebleicht

Gedruckt in der Schweiz.

Titelfoto

Aufbau einer Brennstoffzelle.

(Grafik: Sulzer Hexis AG)

Vernetztes Handeln ist gefragt

Energiethemen üben eine Faszination aus, prägen immer wieder die öffentliche Diskussion und treten in Form von innovativen Lösungen in Erscheinung. Energie beeinflusst unseren Alltag in vielfältigster Weise. Dies macht die Auseinandersetzung mit diesen Fragen spannend.

Durch die Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen sind wir heute in der Lage, für zahlreiche Anwendungen neue, geeignete Lösungen für einen schonenderen Energieverbrauch zu nutzen. Gefragt sind auch im Energiebereich vernetzte Strukturen, damit die Initiativen des Technologiestandorts Schweiz in konkrete, zukunftsweisende Produkte umgeformt werden können. Deshalb ist die gezielte Förderung durch das Bundesamt für Energie wichtig.

Neben den technischen Faktoren sind aber auch wirtschaftliche, gesellschaftliche und politische Fragestellungen zu beachten. Die Kosten der erneuerbaren Energien müssen gesenkt werden, damit die entwickelten Technologien besser Fuss fassen können; eine effiziente Energienutzung, beispielsweise mit tieferen Verbrauchswerten bei Automobilen, ist zu fördern, damit wir der Klimaproblematik nicht ohnmächtig gegenüber stehen müssen.

Die erreichten Resultate – insbesondere auch aus der Forschung – müssen kommuniziert werden. Dies hat vernetzt zu erfolgen, zusammen mit allen Akteuren der Energieforschungsszene. Auch darauf freue ich mich bei meiner kommenden Tätigkeit.

Walter Steinmann

Neuer Direktor des Bundesamts für Energie

BFE

Neues Domizil in Ittigen bei Bern

Das Bundesamt für Energie ist umgezogen. Vor einigen Jahren ist man von unterschiedlichen Lokalitäten in das neu erstellte Titanic-Gebäude an der Monbijoustrasse 74 in Bern gekommen. Nun erfolgte ein Umzug des gesamten Bundesamtes nach Ittigen, an die Worblentalstrasse 32. Damit entstand auch eine räumliche Annäherung an das schon länger in Ittigen ansässige BUWAL, mit welchem das BFE thematisch eng zusammenarbeitet, um die klimatischen Auswirkungen der Energienutzung besser verstehen und vermindern zu können.



menarbeitet, um die klimatischen Auswirkungen der Energienutzung besser verstehen und vermindern zu können.

Das Bundesamt für Energie ist nach wie vor in folgende Abteilungen gegliedert:

- Energiewirtschaft und -politik
- Recht und Kernenergie
- Programme

Die Abteilung Programme ist für das Aktionsprogramm EnergieSchweiz zuständig und vernetzt die verschiedenen Akteure der Energieforschung und -entwicklung, der Pilot- und Demonstrationsanlagen sowie der Umsetzung im Markt.

Informationen zum BFE und zum Aktionsprogramm EnergieSchweiz:

www.energie-schweiz.ch

www.energieforschung.ch

Herzlich willkommen auf der neuen Webseite

**Annemarie
Gemperli**
ENET
CH-9320 Arbon



Besuchen Sie die neue Webseite www.energieforschung.ch. Die Darstellung der Programme des Bundesamts für Energie (BFE) ist neu strukturiert und erlaubt einen direkten Zugriff zu den Programm-Homepages oder verwandten Informationen. Die ENET-Homepage ist neu gegliedert in die Bereiche: Technologie-Transfer, ENET-Publikationen, ENET-News-Ticker, ENET-NEWS und Veranstaltungen.

ENET-Publikations-Service mit neuen Funktionen

Die neu strukturierte Suche erlaubt Ihnen den Zugriff auf alle Publikationen eines Programmes, oder Sie wählen direkt den Autor, ein Wort oder mehrere Wörter aus dem Publikationstitel, aus dem Projekttitel, aus dem Abstrakt.

Eine hilfreiche Funktion ist die Volltextsuche im Abstrakt (falls vorhanden) und

über den gesamten Datensatz der Publikation (Achtung: nicht in der Publikation selbst). Die Möglichkeit des Downloaden von pdf-Files und der neue Einkaufswagen runden die neuen Funktionen ab.

Dank der Integration der ENET-Publikationsdatenbank in die Homepage können laufend aktuellste Berichte und Resultate aus der Energieforschung oder von Pilot- und Demonstrationsanlagen online bestellt oder ab pdf-File von Ihnen direkt gedruckt werden.

Um Ihnen einen möglichst breiten Überblick von energierelevanten Veröffentlichungen zu gewährleisten, werden die in Zeitschriften veröffentlichten Artikel der Forschungsprogramme bibliografisch erfasst. Diese unterstehen dem copyright des Zeitschriftenverlages und können dort direkt bezogen werden.

Aktive Unterstützung und Förderung der Zusammenarbeit zwischen Unternehmen und Forschungsinstituten

Eine systematische Sammlung aller Resultate aus Forschung und Entwicklung sowie von Pilot- und Demonstrationsanlagen

Wöchentliche Kurz-emails über wichtige Ereignisse und Informationen aus dem gesamten Energiebereich

Das Magazin mit Berichten, Reportagen und Anregungen aus dem gesamten Gebiet der Energieforschung

Infos über aktuelle Veranstaltungen im Energiebereich



Das erweiterte ENET-Dienstleistungsprogramm mit Pluspunkten.

Mit Mausklick auf den Publikationstitel erhalten Sie den gesamten Datensatz einer Publikation wie Erscheinungsdatum, Forschungsprogramm, Projekttitel oder Sprache.

Bestellen und Suchen einfach gemacht

Bestellen Sie die Publikation direkt über das Signet des Einkaufswagens auf der Übersichtsseite oder indem Sie den Button „in den Einkaufswagen“ anklicken. Entsprechen die aufgelisteten Publikationen Ihrem Bedarf, drücken Sie „zur Kasse gehen“ oder „mein Konto“ und tragen Ihre Lieferangaben in die entsprechenden Felder ein. In Kürze wird Ihnen der Eingang der Bestellung bei ENET per email bestätigt.

Die integrierte Volltext-Suche erleichtert Ihnen das Finden von Publikationen.

1. Linkes Feld: Wählen Sie eine der aufgeführten Rubriken: Titel, Autor, Bestellnummer, Jahr, Projektname oder -name, Programm, Abstrakt, Alles
2. Rechtes Feld: Tippen Sie in dieses Feld das Wort oder den Wortteil (versehen mit *) ein, nach dem Sie suchen möchten. Beispiel: Eingabe: Biomasse (Auflistung aller Publikationen, die den genauen Suchbegriff „Biomasse“ als Wort enthalten. Eingabe Bio* (Auflistung aller Publikationen, die den Suchbegriff „bio“ in einem Wort oder als Wort enthalten.

Suchergebnis: Forschungsprogramm und Anzahl

Texteingabe

Hinweis pdf-File

Sprachwahl

Zusammenfassung Ihrer Bestellungen

Neuerscheinungen

Suchrubriken:
Titel
Autor
Bestellnr.
Jahr
Proj. Nr.
Proj. Name
Programm
Abstrakt
Alles

Programmspezifischer Zugriff

Auflistung Publikationen (Titel, Autoren) sortiert nach Aktualität

Preis der Publikation; Symbol „Warenkorb“: Bestellung möglich; Symbol „i“: Bestellung bei ENET nicht möglich

3. Logische Verknüpfungen:

AND – alle angegebenen Suchbegriffe müssen auf den gesuchten Seiten vorhanden sein;
OR – mindestens einer der angegebenen Suchbegriffe muss auf den gesuchten Seiten vorhanden sein.

ENET-News-Ticker: laufend am Puls der technischen Entwicklung

Ausgewählte Informationen aus der Energieforschung, neueste Publikationen der Resultate, der vom BFE geförderten Projekte, Hinweise auf interessante Veranstaltungen, all dies liefert ENET aktuell, online und kostenfrei.

Wir von ENET möchten aber noch näher mit Ihnen zusammenarbeiten. Wenn Sie eine interessante Konferenz oder eine Messe in den Bereichen erneuerbare Energien und rationelle Energienutzung kennen oder veranstalten, können Sie uns den URL-Link schicken, den wir themenspezifisch mit dem News-Ticker verteilen.

Eine Ergänzung des ENET-NEWS-Ticker-Services ist die Projektpartnersuche. Schicken Sie uns eine kurze Beschreibung des Projektes und ein Profil der Anforderungen für den gesuchten Projektpartner (enet@temas.ch). Wir werden diese Informationen über den ENET-News-Ticker an interessierte Personengruppen weiterleiten.

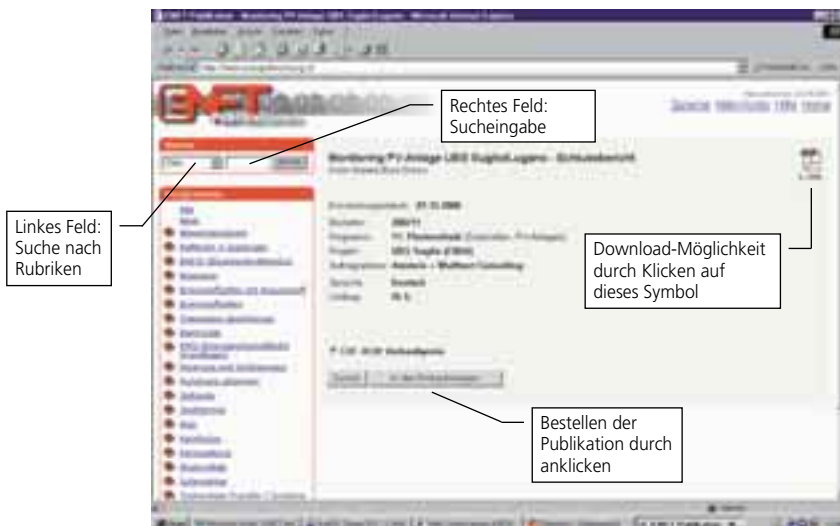
Für den ENET-News-Ticker-Service haben sich bereits über 1200 Personen angemeldet. Melden Sie sich noch heute unter www.energieforschung.ch (ENET-NEWS-Ticker) für einen oder mehrere Themenbereiche an.

ENET-NEWS

Interessieren Sie Themen, Berichte aus bisher veröffentlichten ENET-NEWS, so finden Sie diese als pdf-Files (in Vorbereitung) auf dieser Seite.

Veranstaltungen

Die Veröffentlichung von Veranstaltungen, Seminaren, Tagungen oder Workshops aus dem Energiebereich gibt Ihnen einen Überblick über das breite Angebot. Der direkte Link zum Veranstalter erleichtert Ihnen die Anmeldung. Melden Sie uns Veranstaltungen, von denen Sie Kenntnis haben, mit Angabe von Datum, Thema, Ort und URL-Link. Sie werden auf dieser Seite präsentiert.



Drehscheibe zwischen Forschung und Wirtschaft

Technologie-Transfer basiert auf einem ganzheitlichen Ansatz

Karl Höhener
Lars Nieba

ENET
CH-9320 Arbon

Was ist Technologie-Transfer?

Technologie-Transfer definiert sich als aktive Förderung der Zusammenarbeit zwischen Forschern und Industrie zur Umsetzung von Forschungsergebnissen in Produkte und Dienstleistungen.

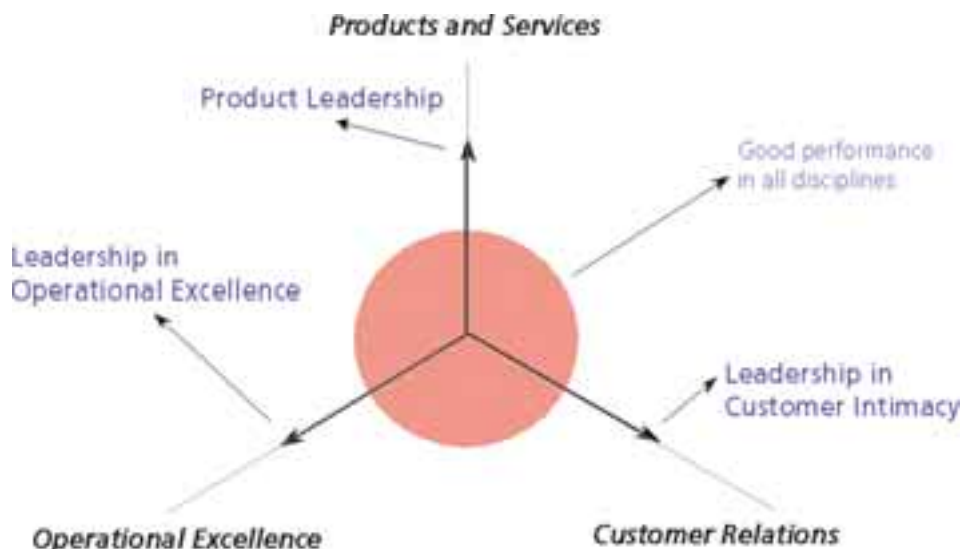
Der erfolgreiche Technologie-Transfer basiert auf einem ganzheitlichen Ansatz bestehend aus drei Säulen (Bild 1):

- Förderung der technischen und technologischen Aspekte in Wissenschaft und Wirtschaft für die Entwicklung von Produkten und Dienstleistungen.
- Förderung der operationellen Fähigkeiten eines Unternehmens, wie Produktionsmethoden und -prozesse, Organisation und „weiche Faktoren“.
- Förderung der Fähigkeiten für die Unterstützung der Kundenbeziehungen, wie Marketing usw.

Wann beginnt der Technologie-Transfer?

Der Technologie-Transfer hat so viele Facetten wie es Technologie-Transferstellen gibt. Die Tätigkeiten des ENET-Technologie-Transfers konzentrieren sich – im Energiebereich – auf drei Schwerpunkte:

1. Themenspezifische Sensibilisierung der Forscher und der Unternehmen mit einem klaren Fokus auf die Schaffung der Voraussetzungen, dass eine Verbindung über die Köpfe entstehen kann.
2. Gemeinsames Erarbeiten von Fragestellungen, deren Lösung grosse Potenziale für die Forscher (Erweiterung des Wissenshorizontes und des Verständnisses von Vorgängen und Prozessen) und die Unternehmer (Lösung von aktuellen Problemen, Nutzung von vorhandenem Wissen) erschliesst.



*Bild 1
Der erfolgreiche
Technologie-
Transfer basiert
auf einem gesamt-
heitlichen Ansatz.*

3. Unterstützung des Prozesses der Zusammenarbeit (Projekte) durch fachkundige Strukturierung, Begleitung und Sicherstellung der Zielerreichung.

Der Technologie-Transfer beginnt also dann, wenn kompetente Persönlichkeiten aus Forschung und Wirtschaft gemeinsam Probleme und deren Lösungen erörtern. Damit beginnt der Prozess der gegenseitigen Vertrauensbildung, die Basis für jeden erfolgreichen Technologie-Transfer.

ENET, als Querschnittsfunktion über alle Programmbereiche, kann die Technologieentwicklung programmübergreifend verfolgen und somit den Technologie-Transfer themenspezifisch akzentuieren, wobei die Schwerpunkte nicht nur den Technologie-Transfer berücksichtigen, sondern auch das Marketing, die Zielkosten sowie die Projektpartnersuche umfassen können (Bild 3).

Forschungsstellen an den Universitäten, an den Fachhochschulen sowie der Privatwirtschaft zielorientiert miteinander verbinden und diesen Prozess unterstützen.

Erfolgreiche Beispiele: Flyer ...

Die vom ENET-Technologie-Transfer angewendete Methode wurde bereits bei der Entwicklung des Elektro-Fahrrads „Flyer“ verwendet. In einer ersten Phase ging es darum, die Machbarkeit der Ideen und Kon-



Bild 2
Technologie-Transfer kann nur erfolgreich sein, wenn er an der richtigen Stelle der gesamten Entwicklungskette positioniert wird.

Die ENET-Technologie-Transferstelle ist die kreative Plattform, die diese Prozesse in Gang setzt, sie begleitet und deren Resultate kommuniziert.

Der Technologie-Transfer kann folglich nur erfolgreich sein, wenn er sich an der richtigen Stelle der gesamten Entwicklungskette positioniert und als Drehscheibe zwischen Forschung und Wirtschaft agiert (Bild 2).

Das Beobachten von Technologieentwicklungen, Technologiefeldern und deren Akteuren bildet die Basis für die erfolgreiche Nutzung neuer Technologien und ist somit ein zentrales Element eines erfolgreichen Technologie-Transfers.

F&E im Energiebereich interdisziplinär angelegt

Die Positionierung von ENET als Querschnittsfunktion für die BFE-Programme ermöglicht das Erschliessen von ungenutzten Potenzialen.

Innovation entsteht oft an den Schnittstellen von verschiedenen Disziplinen und Interessensgruppen (Forschung, Unternehmen, Verbraucher). Diese Schnittstellen und Kompetenzträger sind die primären Zielgruppen des ENET-Technologie-Transfers. Dem ETH-Bereich, als wichtigster „Brain Tank“ für die Forschung und Entwicklung von Technologien im Energiebereich, fällt in diesem Prozess eine erfolgsentscheidende Rolle zu.

Mit einem umfassenden Ansatz will der ENET-Technologie-Transfer die Umsetzung der Ziele der Energiepolitik (BFE) mit den Kompetenzen des ETH-Bereichs kombinieren und dabei sowohl ausgewählte

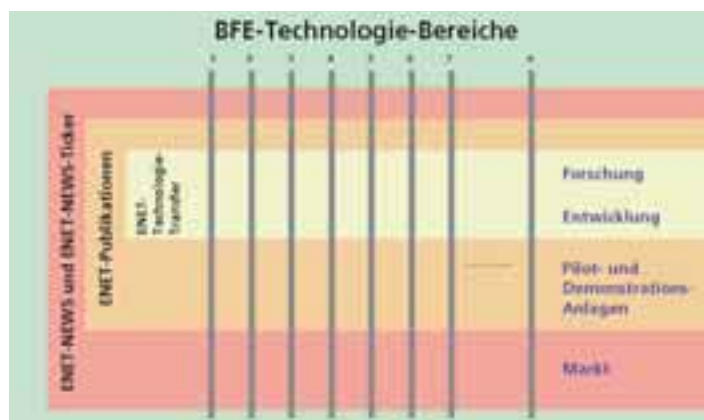
zepte der Unternehmensgründer zu klären und deren exzellenten Kenntnisse im Elektrofahrradbereich selektiv zu ergänzen. Die klare Strukturierung des Vorgehens – Einbinden der besten Kompetenzträger aus dem ETH-Bereich und von Fachhochschulen, schrittweises, überprüfbares Vorgehen mit fachkundiger Begleitung – schaffte die Vertrauensbasis, die notwendig war, entsprechend dem Finanzbedarf des wachsenden Unternehmens, die notwendigen Ressourcen zu beschaffen. Die Unterstützungen in diesem Projekt umfassten: Klärung der technologischen und konstruktiven Machbarkeit, Marktpreis- und Zielkostenermittlung, Vorbereiten des Markteintritts (Internet).

... Dünnschicht-Photovoltaikzellen

Die Schweiz ist mit an der Weltspitze in der Photovoltaik-Forschung, unter anderem wurden in der neuen Dünnschichtzellen-Technologie wegweisende Forschungsergebnisse erzielt.

Zusammen mit Vertretern der Industrie haben die vier führenden Photovoltaikforscher der Schweiz (Dr. Gobrecht, Prof. Grätzel, Prof. Shah, Dr. Tiwari) in einem von ENET und vom BFE-Programmleiter Stefan Nowak organisierten Workshop den Transfer dieser Ergebnisse in industrielle Produkte erörtert.

Aus diesem Workshop haben sich neben bilateralen Verhandlungen noch weitere Aktivitäten ergeben: Die Gründung von Start-



up-Unternehmen. Der Photovoltaikmarkt wächst jährlich um ca. 20%, den neuen Dünnschichtzellen wird ein sehr grosses Potenzial bescheinigt, das in der Schweiz umgesetzt werden kann. Den Forschern der Hochschulen kann hier durch gezieltes Coaching geholfen werden, dass die Umsetzung der Forschungsergebnisse in neue Produkte zum Erfolg wird.

*Bild 3
Der ENET-Technologie-Transfer positioniert sich als Querschnittsfunktion für die BFE-Programme.*

Verkehr

Förderprogramm NewRide

Elektro-Zweiräder haben die besten Chancen im Markt der besonders energieeffizienten Motorfahrzeuge. Ihre Vorzüge sind beachtlich: CO₂-Reduktion, Verminderung von Lärmemissionen und Schadstoffen in Siedlungsgebieten sowie Flächeneinsparungen im Vergleich zu Automobilen. Mit dem NewRide-Programm fördert nach dem Kanton Basel-Stadt nun auch der Kanton Bern den Einsatz von Elektro-Bikes und -Scooters.



(Foto: Rent a Bike)

Operatives Ziel ist die Unterstützung der Markteinführung und der Diffusion durch:

- Unterstützung der interessierten Händler, Produzenten und Importeure sowie der Initiativen von Firmen, Gemeinden und Gruppierungen
- Abbau von Kaufwiderständen, u.a. durch Testmöglichkeiten
- Schaffung von Synergien durch den Aufbau eines Netzwerkes der interessierten Akteure
- durch Aufbereitung und Verbreitung von Informationen
- Koordination mit den Aktivitäten anderer Kantone sowie auf Bundesebene
- Qualitätssicherung durch die Labelfunktion von NewRide.

Im März 2001 wurde das neue Programm NewRide lanciert. Mehrere Gemeinden haben ihre aktive Teilnahme bereits zugesichert, ebenso werden diverse Betriebe bei NewRide mitmachen. An der Schweiz. Hausbau- und Minergie-Messe in Bern vom 8. bis 11. November werden erste Erfahrungen präsentiert und die aktivsten Teilnehmer prämiert. Und für die Jahre 2002 bis 2004 lädt man weitere Kantone, Gemeinden und Unternehmen zur Beteiligung an NewRide ein.

Informationen:

- Ruedi Meier, Programmleiter NewRide
ruedi.meier@bve.be.ch
- Martin Pulfer, BFE-Bereichsleiter Verkehr
martin.pulfer@bfe.admin.ch
- Ueli Haefeli, Heidi Hofmann, IKAÖ
ueli.haefeli@ikaoe.unibe.ch
heidi.hofmann@ikaoe.unibe.ch

www.NewRide.ch

Auf einem nachhaltigen Pfad

Die Eidgenössische Energieforschungskommission CORE verfolgt eine langfristige Optik

„Die CORE bringt eine ausgewogene Sicht in die Energieforschung und verfolgt mit Vertretern aus allen wichtigen Institutionen die langfristigen Ziele, um die Energieproduktion und -nutzung auf einen nachhaltigen Pfad zu führen.“ Mit dieser Aussage erläutert Hans-Rudolf Zulliger, Präsident der CORE (COMmission fédérale pour la Recherche Énergétique), die zentrale Aufgabe des Auftrags der CORE. Die bereits 1986 gegründete Kommission berät den Bundesrat und das UVEK im Bereich der Energieforschung und deren Umsetzung. Sie erarbeitet in Abstimmung mit interessierten Kreisen der Wirtschaft, Wissenschaft und Verwaltung von Bund und Kantonen das „Konzept der Energieforschung“.



Marco Berg, Paul-Erich Zinsli und Giuseppina Togni (v.l.n.r.)

Inputs für die Forschungsprogramme des Bundesamtes für Energie

Marco Berg, Erdölvereinigung: „Die Energienutzung soll nachhaltig erfolgen. Für den Weg zu diesem Ziel setzt die CORE sinnvolle Leitplanken, die nicht nur die Entwicklung von Technologien weisen sollen, sondern auch die Bedingungen ihrer Anwendung.“ Dazu werden die jeweiligen Energieforschungsprogramme regelmässig geprüft und evaluiert. An den bisherigen 73 CORE-Sitzungen hatten sich diese Programme regelmässig zu präsentieren und dabei ihre Schwerpunkte und Umsetzungsarbeiten darzustellen. Die CORE nimmt

ferner Stellung zur energiebezogenen Ressortforschung und zu internationalen Forschungsprojekten.

Louis Schlapbach, EMPA-Direktor, ergänzt: „Die CORE soll beratend und stimulierend helfen, die Spreu vom Weizen zu trennen und damit Anteil haben am steuernden Einfluss eines verantwortungsbewussten Staates, dem die Bedürfnisse des Menschen – Gesundheit, Mobilität, Information und Kommunikation, ebenso ent-



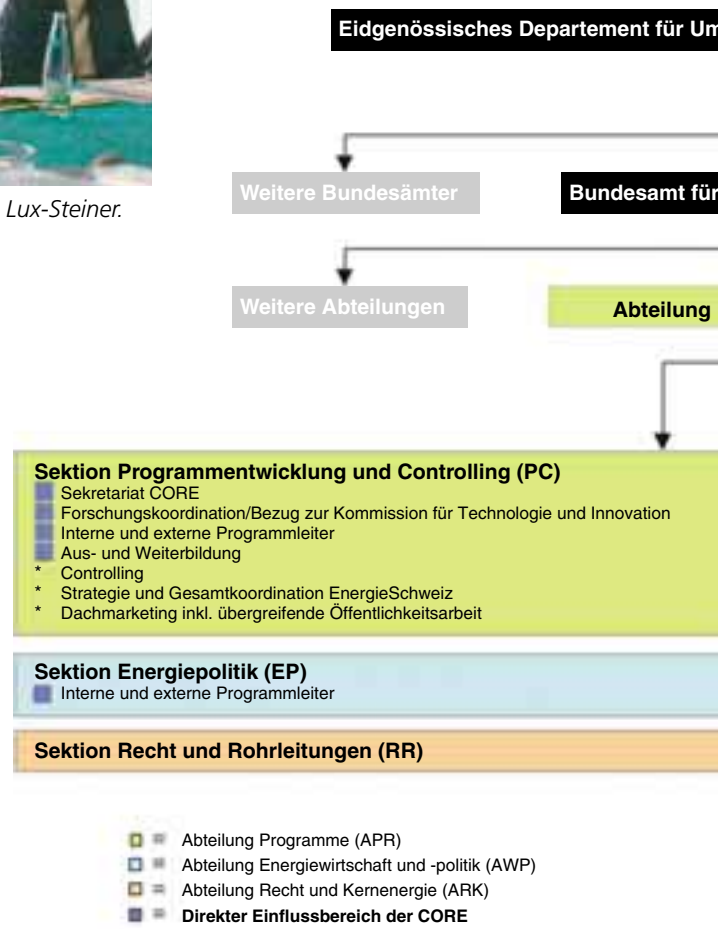
Daniel Favrat und Martha Ch. Lux-Steiner.

sprechende Material- und Energieflüsse – wichtig sind.“

Bildung und Information sind zentrale Aktionsgebiete der kommenden Jahre

Zwei zentrale, aktuelle Anliegen der CORE sind die Aus- und Weiterbildung sowie das Informationsmanagement. Dazu zählen auch die konsequente Nachwuchsförderung im Bereich der Energieforschung sowie die Sensibilisierung der involvierten Fachleute. Dieter Imboden, ETH Zürich: „Der Umbau unserer Energiesysteme zu grösserer Nachhaltigkeit ist eine Aufgabe

CORE als beratende Kommission für die Energieforschung in der Organisation des Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).





Christian Kunze (links) und Paul van Trigt.

von zwei bis drei Generationen. Dazu braucht es Wissen, aber auch politischen Willen. Beides basiert auf Informationen.“ Und Daniel Favrat, EPF Lausanne, ergänzt diese Aussage im Blick auf die globale Situation: „Die Energieforschung stellt eine der wichtigsten Herausforderungen unserer Gesellschaft dar, auf einem Planeten mit limitierten Ressourcen und beschränkter

Fähigkeit, Schadstoffe zu eliminieren. Daher haben unsere Hochschulen die Aufgabe, zukunftsweisende Lösungen zu schaffen.“

Internationale Kontakte für weltweit anwendbare Lösungen

Entsprechend der weltweit bedeutsamen Energiethematik steht heute auch die Energieforschung auf einem internationalen Fundament. Die Entwicklung von Systemen zur verstärkten Nutzung effizienterer und neuer Energietechnologien ist umso erfolgreicher, je breiter sie abgestützt werden kann. Martha Ch. Lux-Steiner vom Hahn-Meitner-Institut in Berlin: „Es bedarf weltweit gewaltiger Anstrengungen, um die Energieversorgung auf lokaler Ebene im



Louis Schlappbach, Andreas Gut und Hans-Rudolf Zulliger (v.l.n.r.)

Wesentlichen durch erneuerbare Energien decken zu können. Die CORE kann diesen Prozess massgeblich beeinflussen, indem national und international vernetzt die Bereitstellung der nötigen Ressourcen gefördert wird.“

Hans-Rudolf Zulliger: „Die CORE setzt sich daher für einen konsequenten Kurs in der Energieforschung ein, der möglichst unabhängig von politischen und wirtschaftlichen Sachzwängen ein sinnvolles und effizientes Suchen nach Lösungen garantiert.“

Publikation:
Konzept der Energieforschung des Bundes
2000–2003
CORE/BFE

Mitglieder der CORE

Dr. Hans-Rudolf Zulliger, Präsident
Gretag AG, Regensburg
→ Industrie

Dr. Marco Berg
Erdölvereinigung, Zürich
→ Erdölwirtschaft und Weltenergiekonferenz

Prof. Dr. Daniel Favrat
EPF Lausanne

Prof. Dr. Dieter Imboden
ETH Zürich

Ernst Jakob
Wasser- und Energiewirtschaftsamt, Bern
→ kant. Energiefachstellen

Prof. Dr. Christian Kunze
Fachhochschule EIVD, Yverdon
→ Fachhochschulen, SATW

Prof. Dr. Martha Ch. Lux-Steiner
Hahn-Meitner-Institut, Berlin
→ Universitäten

Kurt Rohrbach
BKW FMB Energie AG, Bern
→ Elektrizitätswirtschaft, PSEL

Prof. Dr. Louis Schlappbach
EMPA, Dübendorf
→ Nationalfonds, KTI

Giuseppina Togni
eTeam GmbH, Zürich
→ KMU

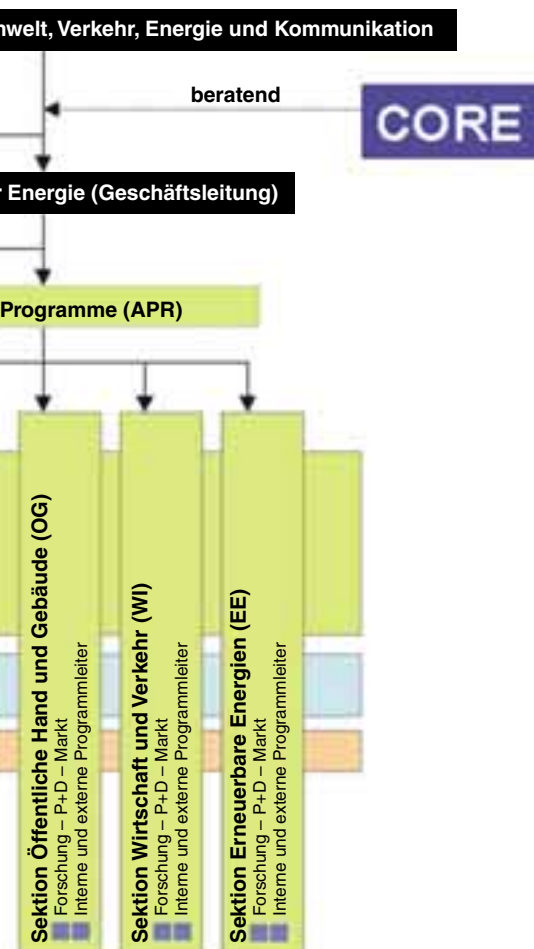
Paul van Trigt
ABB Energie Services Schweiz, Zürich
→ Industrie

Prof. Dr. Peter Zweifel
Universität Zürich
→ Energiewirtschaftliche Grundlagen

Beobachter:
Dr. Gerhard Schriber
BFE

Dr. Paul-Erich Zinsli
BBW

Sekretariat:
Dr. Andreas Gut
BFE/Andreas.Gut@bfe.admin.ch



Auswirkungen der Atominitiativen

Zwei Studien analysieren die energetischen und wirtschaftlichen Auswirkungen der beiden Atominitiativen

Ruedi Meier

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

Martin Beck

BFE-Bereichsleiter
Energiewirtschaftliche Grundlagen

Die „MoratoriumPlus“-Initiative verlangt im Wesentlichen, dass für eine Dauer von zehn Jahren keine Bewilligungen für neue Kernkraftwerke sowie für Leistungserhöhungen bei bestehenden Kernkraftwerken erteilt werden. Für die Verlängerung des Betriebs bestehender Kernkraftwerke über 40 Jahre hinaus ist das fakultative Referendum vorgesehen. Daneben sieht die Initiative eine Stromdeklaration voraus.

Die „Strom ohne Atom“-Initiative fordert die schrittweise Stilllegung der Kernkraftwerke spätestens nach dreissig Betriebsjahren. Sie verlangt zudem ein Verbot der Wiederaufbereitung abgebrannter Brennelemente aus schweizerischen Kernkraft-

werken. Der Bund hätte ferner gesetzliche Vorschriften zu erlassen, wonach die Betreiber und ihre Aktionäre alle Kosten tragen müssten, die mit dem Betrieb und der Stilllegung der Kernkraftwerke zusammenhängen. Ebenso sollte die dauerhafte Lagerung der in der Schweiz produzierten radioaktiven Abfälle geregelt werden. Schliesslich verlangt die Initiative die Umstellung der Stromversorgung auf nicht-nukleare Energiequellen, wobei die Substitution durch Strom aus fossil betriebenen Anlagen ohne Abwärmenutzung vermieden werden soll.

Die Umsetzung der Initiativen „Strom ohne Atom“ und „MoratoriumPlus“ ist technisch

	Beznau I KKB I	Beznau II KKB II	Mühleberg KKM	Gösgen KKG	Leibstadt KKL
Referenz-Szenarien	2019	2021	2022	2039	2044
„Strom ohne Atom“: SoA-Szenarien	2004	2004	2004	2009	2014
„MoratoriumPlus“: M+40-Szenarien	2009	2011	2012	2019	2024
„MoratoriumPlus“: M+50-Szenarien	2019	2021	2022	2029	2034

Internet-Links

Das BFE-Programm Energiewirtschaftliche Grundlagen – EWG – mit den jeweiligen Publikationen

www.ewg-bfe.ch

Prognos AG: das europäische Beratungsunternehmen für Zukunftsstrategien und Entscheidungsgrundlagen

www.prognos.ch

Ecoplan – für Wirtschafts- und Umweltstudien

www.ecoplan.ch

machbar, würde jedoch eine wesentlich verstärkte Energiepolitik voraussetzen und erhebliche Kosten verursachen. Die Auswirkungen einer beschleunigten Stilllegung der Kernkraftwerke sind in zwei Berichten dargestellt, die das Bundesamt für Energie an externe Institute in Auftrag gegeben hatte.

Das jeweils letzte Betriebsjahr der fünf Kernkraftwerke der Schweiz in den einzelnen Szenarien.

Energiewirtschaftliche und ökologische Auswirkungen

Mit „MoratoriumPlus“ würde gemäss den untersuchten Szenarien die Betriebsdauer der Kernkraftwerke auf 40 oder 50 Jahre beschränkt. Ab 2015 würden dadurch unterschiedlich grosse „Stromlücken“ entstehen, die durch zusätzliche Angebote oder verstärkte Stromeinsparungen geschlossen

werden müssten. „Strom ohne Atom“ verlangt eine Begrenzung der Betriebsdauer der KKW auf maximal 30 Jahre, was im Jahr 2020 zu einem Ersatzbedarf von mehr als einem Drittel der Nachfrage führt.

Beide Initiativen verursachen beachtliche Zunahmen der CO₂-Emissionen, weil aus heutiger Sicht der vermehrte Einsatz fossilthermischer Kraftwerke unvermeidlich ist. Das schweizerische CO₂-Ziel wäre schwieriger und nur mit höheren Kosten erreichbar. Ab 2005 müsste zur Kompensation der zusätzlichen Emissionen und zur CO₂-Zielerreichung die CO₂-Abgabe eingeführt werden. Da „Strom ohne Atom“ verlangt, dass die erforderlichen neuen Kraftwerke nur mit erneuerbaren Energien oder, im Falle fossilthermischer Produktion, nur mit Abwärmenutzung (Wärme-Kraft-Kopplung) betrieben werden dürfen, sind eingreifende Massnahmen nötig, insbesondere Produktions- und Verbrauchsquoten (mit Zertifikatehandel).

Wirtschaftliche Auswirkungen

Ein vorzeitiger Ausstieg aus der Kernenergie gemäss „Strom ohne Atom“ führt während eines langen Zeitraums zu Einbussen von ca. einer Milliarde Franken pro Jahr. Andererseits würden die Risiken der Kernenergie verringert. Vor allem die Kernkraftwerkbesitzer müssten deutliche Kapitalverluste hinnehmen. Umsatzeinbussen erleiden auch energieintensive und stark der Importkonkurrenz ausgesetzte Industrien (Textil, Papier). Auswirkungen auf die Einkommen der Haushalte bleiben bei beiden Initiativen jedoch weitgehend aus. „Moratorium Plus“ hat im Unterschied zu „Strom ohne Atom“ nur geringe wirtschaftliche Auswirkungen.

Studien:

Szenarien zu den Initiativen „Strom ohne Atom“ sowie „MoratoriumPlus“;
Prognos AG, Basel
2001

Wirtschaftliche Auswirkungen der Volksinitiativen „Strom ohne Atom“ und „MoratoriumPlus“;
Analyse mit einem Gleichgewichtsmodell
Ecoplan, Bern
2001

Kleinwasserkraftwerke

Strommarktöffnung – quo vadis?

Die derzeitige Übergangssituation vom Monopol zum freien Markt bremst Initiative und Investitionen bei zahlreichen Besitzern von Kleinwasserkraftwerken. Das Elektrizitätsmarktgesetz (EMG) wurde Ende 2000 im Parlament verabschiedet, im kommenden August erwartet man den Verordnungsentwurf und frühestens Ende Jahr folgt die Referendumsabstimmung. In dieser thematischen und terminlichen Kon-



Wohin führt die Strommarktöffnung für die Kleinwasserkraftwerke? Diese Frage stand im Mittelpunkt der diesjährigen ISKB-Fachtagung.

stellation fand am 21. April 2001 die jährliche Fachtagung des Interessenverbands Schweiz. Kleinkraftwerk-Besitzer (ISKB) statt. Repräsentanten vom BFE, von unabhängigen Produzenten, EWs, vom Verein für umweltgerechte Elektrizität (VUE) und dem Österreichischen Verein zur Förderung von Kleinkraftwerken (ÖVFK) erörterten Chancen und Konsequenzen des neuen Gesetzes bzw. dessen mögliche Ablehnung sowie über die Anforderungen an die Verordnungsbestimmungen.

Internet-Links

Informationen und Beratung zur Wasserkraftnutzung mit Kleinanlagen
www.infoenergie.ch
www.iskb.ch

Publikationen, Merkblätter und Statistik
www.smallhydro.ch

Die Tiefe ist erreicht

Mit der neuen Bohrung soll die Grundlage für eine erste Hot-Dry-Rock-Anlage geschaffen werden

Markus O. Häring

Geothermal
Explorers Ltd.
CH-4003 Basel

Harald Gorhan

BFE-Programmleiter
Geothermie
c/o Electrowatt
Engineering AG
CH-8037 Zürich

Markus Geissmann

BFE-Bereichsleiter
Geothermie

Erdwärme ist weltweit, zeitlich unabhängig und in beachtlicher Menge verfügbar. 99% der Erdmasse ist heisser als 1000 °C und weniger als 1% ist kühler als 100 °C. Auf diesem Hintergrund haben sich drei Anwendungsbereiche für die geothermische Wärmenutzung herauskristallisiert. Einerseits haben die in den obersten Schichten installierten Erdwärmesonden vor allem in Verbindung mit Wärmepumpen einen breiten Einsatz gefunden. Andererseits wird in mittleren Tiefen die hydrothermische Technik verwendet, indem heisse Wasserströme (Tiefengrundwässer) an die Oberfläche gepumpt und nach dem Wärmeentzug durch eine zweite Bohrung in den Grundwasserleiter zurückgeführt werden.

Den heissen Felsen auf der Spur

Die dritte Möglichkeit der Geothermienutzung besteht in trockenen, kristallinen Schichten von 4–6 km Tiefe, wo das Hot-Dry-Rock-Verfahren angewendet werden kann. Dabei wird kaltes Wasser über Tiefbohrungen in ein künstlich erweitertes Kluftsystem gepresst. Das durch die dort herrschende Erdwärme auf rund 200 °C erhitzte Wasser gelangt durch weitere Bohrungen an die Erdoberfläche. Mittels eines Wärmetauschers wird dem erhitzten und unter Druck stehenden Wasser die Wärme entzogen und an einen Sekundärkreislauf abgegeben. Dieser enthält ein niedrig siedendes Medium, welches eine Dampfturbine zur Stromerzeugung antreiben kann und Wärme an das Netz abgibt.

Die Sondierbohrung Otterbach in Basel soll auf einer Tiefe von 2.5 Kilometern die Eignung des Standortes für eine Pilotanlage prüfen. Sie soll die Möglichkeiten des Hot-Dry-Rock-Verfahrens in unseren Breiten eruieren und wird daher vom BFE, dem Kanton Basel-Stadt, von IWB, EBL und der



G. H. Endress Stiftung unterstützt. Die Projektverantwortlichen stehen in engem Kontakt mit den anderen, weltweit im Gange befindlichen Bohrungen, beispielsweise auch mit der EU-Experimentieranlage im elsässischen Soultz-sous-Forêts.

Standort mit Anschlussmöglichkeiten zum Fernwärmenetz

Markus O. Häring, Projektleiter, begründet die Standortwahl folgendermassen: „Die geologischen Verhältnisse sind in der Nordwestschweiz ideal für solch ein Tiefbohrvorhaben. Von besonderer Wichtigkeit bei der Standortwahl war von Anfang an auch die möglichst sinnvolle Nutzung der Geothermie im erfolgreich ausgebauten Fern-

Stangenwechsel bei den Bohrungsarbeiten: Die neue Anlage erlaubt einen wesentlich rascheren Austausch des Bohrkopfs.

Internet-Links

Informationen aus dem BFE-Programm zur Geothermie
www.geothermal-energy.ch

Aktuelles zum Deep-Heat-Mining-Projekt bei Otterbach
www.geothermal.ch

Infos zur Bohrtechnik der Untergroundspeicher- und Geotechnologie-Systeme GmbH
www.ugsnet.de

wärmenetz der Stadt Basel. Hier könnte die gewonnene Wärme neben jener der örtlichen Kehrichtverbrennungsanlage als Bandenergie genutzt werden und zu einer merklichen Verminderung des heute erforderlichen Gas- und Ölverbrauchs für diesen Wärmeverbund führen. Projektiert ist eine thermische Leistung von 20 MW und eine elektrische Leistung von 3 MW zur Einspeisung in das Fernwärme- bzw. Elektrizitätsnetz. Dies entspricht ungefähr dem Strom- und Wärmebedarf von 5 000 Haushalten.“

Die erste Sondierbohrung musste im Jahre 2000 wegen einer technischen Havarie in rund 1,5 km Tiefe abgebrochen werden. Die zeitaufwändige Stangenwechsel-Technik und die Leistungsmerkmale der Anlage führten zu Problemen, die schliesslich einen Rohrbruch verursachten. Die erfreu-

liche Tatsache ist jedoch, dass in rund 500 m Tiefe bereits eine Temperatur von 33 °C herrscht, womit die hohen Erwartungen sogar übertroffen werden konnten (Temperaturgradient 4,2 °C/100 m).

Diese erste Bohrung konnte dennoch mit einer Seismikstation in 525 m Tiefe ausgerüstet werden. Diese erstmals in einem seismisch aktiven Gebiet untertage platzierte Messanlage bietet dem Schweizer

*Markus O. Häring
an der Infotafel der
Sondierbohrung
Otterbach: „Schicht
um Schicht haben
wir in den vergan-
genen Wochen
durchbohrt.“*

Erdbebendienst eine interessante zusätzliche Untersuchungsmöglichkeit.

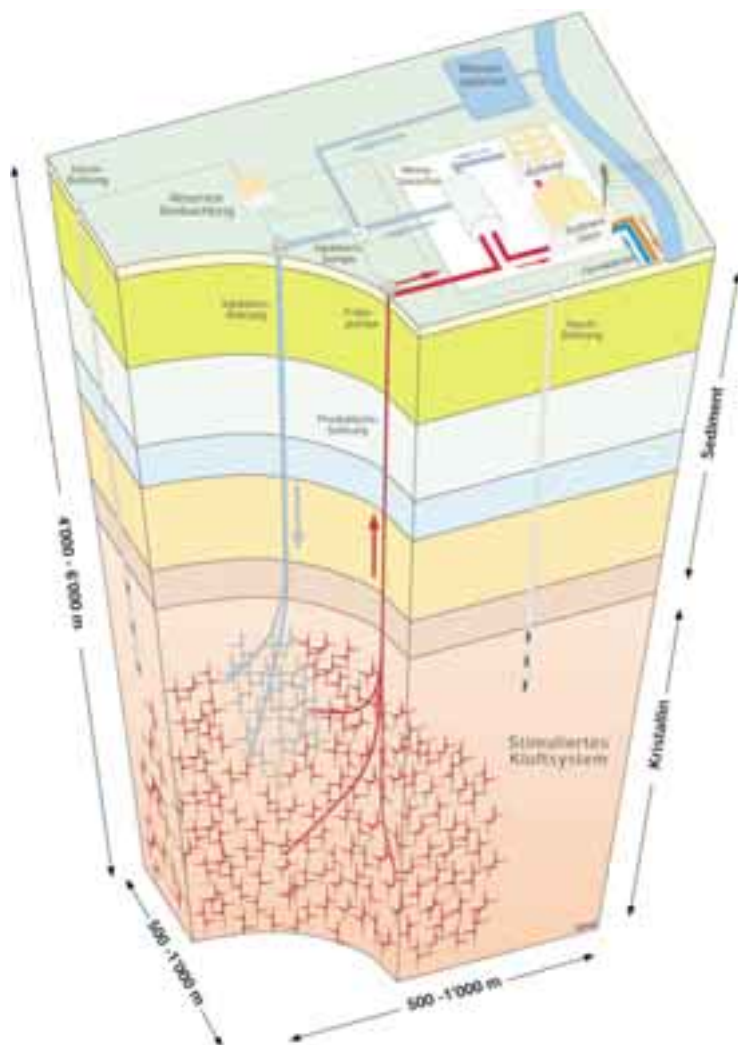
Leistungsstärkere Technik für die neue Tiefenbohrung

Die im Januar 2001 begonnene neue Bohrung wird mit einem Bohrturm des Typs IRI Franks 900 mit einer Höhe von 34 m durchgeführt. Diese Anlage ermöglicht einen wesentlich rascheren Austausch des Bohr-



kopfs und einen grösseren Bohrdurchmesser, also stabilere Verhältnisse beim Vortrieb. Die eingesetzte Spülmenge und Pumpenkapazität sind ebenfalls grösser, was bei den weichen Sedimentschichten von Bedeutung ist.

Die Technik der Energieerzeugung ist konventionell, die geothermische Funktionalität jedoch wird nun mit der Tiefbohrung Otterbach geprüft. Dieser Eignungstest wird bis Mitte Jahr weitgehend abgeschlossen sein. Bei positiven Resultaten dürfte das weltweit erste geothermische Heiz-Kraftwerk nach dem Hot-Dry-Rock-Verfahren seiner Realisierung ein wichtiges Stück näher gekommen sein.



Grafik eines geothermischen Heiz-Kraftwerks nach dem Hot-Dry-Rock-Verfahren. Bei positiven Resultaten der Sondierbohrung rückt eine solche Anlage ein bedeutendes Stück näher.

Mehr als nur Energie produzieren

Mit einer neuartigen Gras-Bioraffinerie werden Fasern, Biogas und Protein erzeugt

Peter H. Müller
2B AG
CH-8600 Dübendorf

Fritz Widmer
Etawatt
Schaffhausen AG
CH-8200
Schaffhausen

Martin Rügsegger
BFE-Bereichsleiter
Biomasse

Im Industriegebiet Ebnet in Schaffhausen entsteht zurzeit die erste Bioraffinerie in industriellem Massstab als BFE-Pilot- und -Demonstrationsanlage. Sie wird im August 2001 in Betrieb genommen und Gras zu verschiedenen Produkten verarbeitet: Faserstoffe, Biogas, Flüssigdünger und Proteinkonzentrat sowie Ökostrom. Eine breit abgestützte Trägerschaft, die alle interessierten Kreise umfasst (Rohstoff, Endprodukte, Technologie, Ökoinvestoren), hat im Frühjahr 2000 die Bioenergie Schaffhausen AG gegründet, welche nun dieses Projekt realisiert.

Kombination verschiedener Verfahrensschritte

Die Bioraffinerie ermöglicht eine neuartige Nutzung landwirtschaftlicher Biomasse zur Herstellung hochwertiger Produkte. Fritz Widmer, Etawatt Schaffhausen AG – Generalunternehmung für Energiedienstleistungen und Contracting, erläutert die energiewirtschaftliche Sicht: „Bei dieser Bioraffinerie überzeugt neben der Herstellung interessanter Produkte auch der Umstand, dass lokal natürlich nachwachsende Rohstoffe zum Einsatz gelangen und dezentral in erneuerbare Energieträger umgewandelt werden, die sich in vorhandene Verteilnetze einspeisen lassen.“

Das Technologieunternehmen 2B AG in Dübendorf entwickelte 1998 im Thurgauischen Märwil eine Bioraffinerie-Pilotanlage. Auf der Basis dieser Erfahrungen wurde die Anlage für Schaffhausen konzipiert. Peter H. Müller: „Diese neue Bioraffinerie ist – im Gegensatz zur ersten Pilotanlage – für eine Ganzjahresproduktion ausgelegt und wird eine Inputmenge von ca. 5000 Tonnen Trockensubstanz pro Jahr verarbeiten. In einem ersten Schritt gelangt das angelieferte Gras in ein Aufschluss- und Trennverfahren. Hier werden Fasern gewonnen, die – getrocknet und weiterver-

Das 2B-Verfahren der Bioraffinerie: Aus Gras werden verschiedene Produkte erzeugt.



Peter H. Müller (links) und Fritz Widmer erörtern Planungsfragen während des Anlagenaufbaus.

Bioraffinerie-Daten

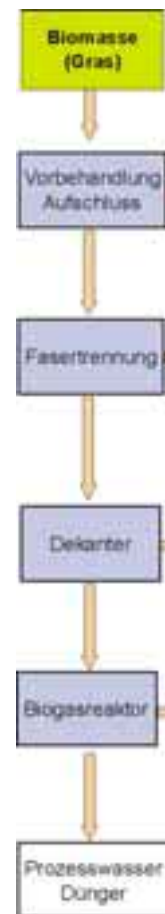
Input:

- Biomasse (Gras, Grassilage, Geschwemmselgras usw.) 5000 t Trockensubstanz pro Jahr

Output:

- Fasern ca. 2000 t/Jahr
- Biogas ca. 8,8 Mio. kWh/Jahr
- Proteinkonzentrat ca. 700 t/Jahr
- Ökogas ins Erdgasnetz ca. 1 Mio. kWh/Jahr
- Ökostrom ins Netz ca. 3 Mio. kWh/Jahr
- Ökowärme für Prozess ca. 4 Mio. kWh/Jahr

arbeitet – für unterschiedlichste Anwendungen bei Isolationsmaterialien (Schall und Wärme) sowie beispielsweise auch als Verstärkungsmaterial für Kunststoffe eingesetzt werden können. Die von den Fasern befreite Flüssigkeit wird anschliessend in einen 600 m³ grossen Reaktor geleitet, in welchem Biogas entsteht. Das verbleibende Prozesswasser kann man als Dünger einsetzen oder der Kläranlage zuführen.“



Ökostrom aus Biogas

Das im Reaktor entstehende Biogas (Methangehalt ca. 70%) wird in einen Gasspeicherbehälter geleitet und nach entsprechender Aufbereitung (Entschwefelung) in einem Blockheizkraftwerk genutzt. Den erzeugten Ökostrom speist man in das öffentliche Netz ein. Die beim Betrieb des BHKWs entstehende Abwärme aus Motorenkühlung, Abgas und Abstrahlung wird als Prozessenergie für das Aufschlussverfahren und zur Fasertrocknung sowie für die Beheizung von Räumen von Fremdmietern in der gleichen Liegenschaft verwendet.

Fritz Widmer: „Biogas nutzen wir in erster Linie für die Herstellung der „GreenPOWER“-Produkte „GreenSTROM“ und „GreenGAS“, welche von den Städtischen Werken Schaffhausen/Neuhausen und an-



Im Bioreaktor mit 600 m³ Fassungsvermögen entsteht Biogas.

Inbetriebnahme in einzelnen Schritten

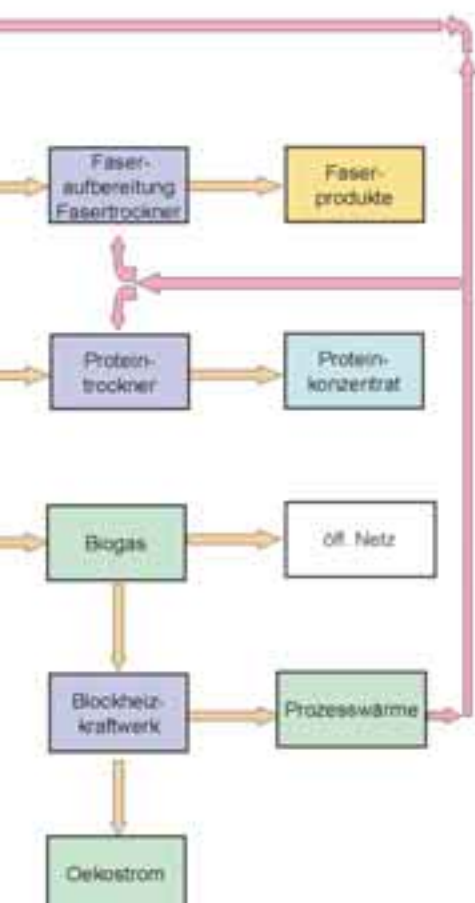
Während in den kommenden Wochen zuerst die Faser- und Energieproduktion aufgenommen wird, folgt in einer zweiten Phase in einem Zwischenschritt via Dekanter und Trockner die Herstellung von Proteinkonzentrat (40% Rohprotein) für Tierfutter.

Das Projekt wird vom BFE unterstützt und weist eine gesamte Investitionssumme mit Gebäudeanpassungen und Infrastruktur von ca. CHF 7 Mio. auf.



Bauarbeiten im Nasszonenbereich mit einem Teil der Förderanlagen für das angelieferte Gras.

deren Partnern der Swiss Citypower AG verkauft werden. Wir rechnen damit, rund 4 Mio. kWh pro Jahr GreenPOWER liefern zu können. Je nach Nachfrage wird das erzeugte Biogas auch in das in der Nähe vorhandene Erdgasnetz eingespiesen. Es kann somit ebenso für Heizzwecke, für den Betrieb eines BHKWs oder als Treibstoff für Hybrid-Fahrzeuge eingesetzt werden.“



BHKW-Motor für die Strom- und Prozesswärmeerzeugung aus Biogas.

Internet-Links

Städtische Werke Schaffhausen/Neuhausen
www.shpower.ch

Bioraffinerie-Technologien des Unternehmens 2B AG
www.2bio.ch

Swiss Citypower AG – die Schweizer Energiemarke für Synergien und Einsparpotenzial im Energiemarkt
www.swisscitypower.ch

Der Wind hat ein Feuer entfacht

In nur fünf Monaten war der „Lothar“-Kredit bereits verpflichtet

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

Daniel Binggeli
BFE-Bereichsleiter
Holz

Mit einem Ansturm an Gesuchseingängen hat die Schweizerische Vereinigung für Holzenergie (VHe) gerechnet, doch das Ausmass war „orkanartig“. Das Ende Juni 2000 beschlossene Förderprogramm für Kleinholzfeuerungen musste bereits im Januar 2001 wieder gestoppt werden. Das Kontingent von CHF 20 Mio. reichte nur für Gesuche, die vor Mitte Dezember eingegeben waren.

Viele Kleinanlagen mit positiven Auswirkungen

Das gesamte „Lothar“-Förderprogramm berücksichtigt zu ca. 46% Kleinfeuerungen mit Leistungen von weniger als 100 kW, zu 35% Grossanlagen über 100 kW. Es kamen rund 3 800 Kleinanlagen in den Genuss finanzieller Unterstützung. Diese dienen der sinnvollen Nutzung der erneuerbaren Holzenergie. In 20% der Fälle wurden Neubauprojekte berücksichtigt, zu 30% konnten Ölfeuerungen und zu 40% bestehende, ältere Holzheizungen ersetzt werden. Da nur zertifizierte Feuerungen im Rahmen des Programms eine Unterstützung erhielten, werden diese Installationen auch zu einer

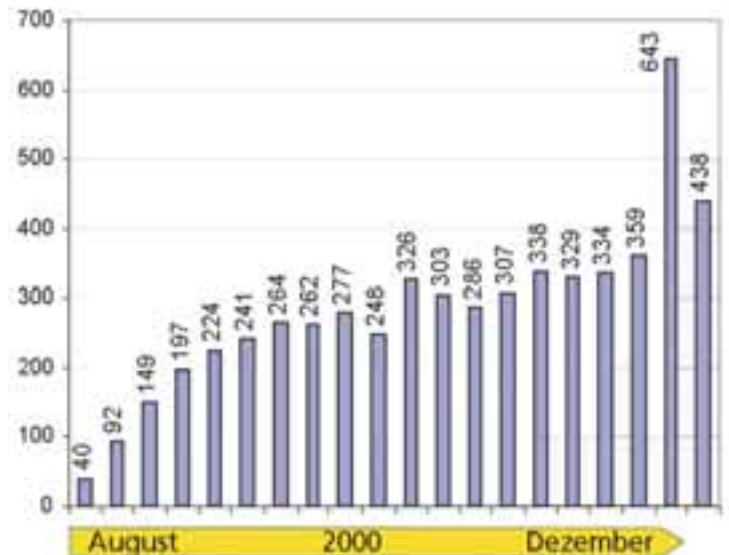
merklichen Verminderung der Emissionen beitragen. Bei den Gesuchen unter 100 kW überwiegt der Anteil von Zentralheizungsanlagen.

Nebst den Kleinanlagen werden ca. 150 Grossheizungen mit mehr als 100 kW, 250 Netzverdichtungen, 150 Machbarkeitsstudien und ein halbes Dutzend

grosse Energieholz-Lagereinrichtungen unterstützt.

Pilotanlagen setzen Meilensteine für die Zukunft

Von besonderem Interesse sind – neben grossen Projekten – auch Pilot- und De-



monstrationsanlagen, für welche 5,6% der Gesamtsumme reserviert sind. Damit können langfristig interessante Lösungen zur energetischen Nutzung von Holz unterstützt werden. Für das BFE hat diese direkte Ergänzung zu den Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten besondere Priorität.

Rasante Entwicklung der Gesuchseingänge bei der VHe vom Programmstart bis anfangs 2001 (Anzahl Gesuche pro zwei Wochen).



Familie Graf in Uttigen hat eine Schnitzelfeuerung installieren können und damit ihr Ziel eines ökologischen Einsatzes von Holz erfüllt.

Wie geht es weiter?

Die bisher unberücksichtigten Gesuche zur Unterstützung von Holzfeuerungen wurden systematisch registriert. Im Parlament werden in der Herbst- oder Wintersession Zusatzkredite für die Holzenergie beantragt. Bei erfolgreicher Behandlung könnten die bei der VHe heute pendenten Gesuche sukzessive berücksichtigt werden.

Im Weiteren haben einige Kantone Nachfolgeprogramme zur Unterstützung von Holzheizungen – u.a. auch in Kombination mit Gebäudesanierungen – initiiert.

Die Brennstoffzellen-Technologie in der Schweiz

Lars Nieba
Andy Tauer
 ENET
 CH-9320 Arbon

Der Forschungsstandort Schweiz hat sich in der Brennstoffzellen-Technologie eine international führende Stellung erarbeitet. Er verfügt in verschiedenen Disziplinen über hohe Kompetenzen, diese bilden ideale Voraussetzungen für die Nutzung dieser Technologie durch unsere Industrie.

Die Brennstoffzellen werden zukünftig etablierte Technologien für die umweltfreundliche Energieumsetzung in ausgewählten Anwendungsgebieten ablösen. Dieser Prozess dürfte noch in diesem Jahrzehnt anlaufen.

Die Funktionsweise

Brennstoffzellen basieren auf einem elektro-chemischen Prozess, bei dem im Prinzip Wasserstoff und Sauerstoff zu Wasser verbunden werden. Der resultierende elektrische Strom steht kontrolliert zur Verfügung. Die Brennstoffzelle erlaubt somit die direkte, effiziente Gewinnung von elektrischem Strom mittels eines direkten Prozesses ohne Umweg über Wärme-Kraft-Maschinen und Generatoren (Bild 1).

Die Technologien

Es existieren verschiedene Brennstoffzellen-Technologien. Diese unterscheiden sich u.a. hinsichtlich Elektrolyt, Ladungsträger, verwendbare Brennstoffe und Oxidationsmittel, Betriebstemperatur, Bauweise und Anwendungspotenzial (Tabelle 1). Eine Verwendung der englischen Bezeichnungen bzw. Abkürzungen ist verbreitet und bezieht sich auf den jeweiligen Elektrolyten (Ausnahme: DMFC für Direct Methanol Fuel Cell als Spezialfall der Polymer Electrolyte Fuel Cell, PEFC).

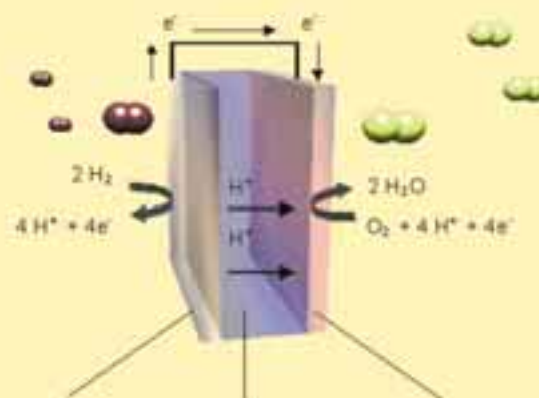
Vorteile und Anwendungen

Der hohe Wirkungsgrad, eine hohe Energiedichte, die geringe Schadstoffproduktion, wenig Geräuschemission und die CO₂-neutrale Energienutzung sind Vorteile, die es zu nutzen gilt. Tabelle 2 vermittelt hierzu einen Überblick.

Marktaussichten

Kurzfristig, d.h. innerhalb der nächsten zehn Jahre, werden die Brennstoffzellen in folgenden Segmenten mit etablierter

Bild 1
 Schematische Darstellung einer Polymer-Elektrolyt-Brennstoffzelle mit Wasserstoff als Brennstoff und Sauerstoff als Reaktionspartner.



Anode

Elektronenfreigabe durch Platin-katalysierte Reaktion von H₂ an der Grenzschicht

Protonen-leitende Membran

Durchlässig für H⁺, undurchlässig für e⁻ und Gas

Kathode

Platin-katalysierte Elektronenaufnahme durch O₂, Bildung von Reaktionswasser.

Technologie auf dem freien Markt konkurrieren:

- Systeme zur dezentralen häuslichen Strom- und Wärmeproduktion mit 1–10 kW_{el} Leistung. Hier ist das Sulzer-Hexis-System zu nennen, welches kurz vor der Markteinführung steht. Das anvisierte Preisziel für eine breite Marktakzeptanz wird gemäss Sulzer in Serienproduktion erreicht.

Quellen:

- 1 H. Colell, M. Bronold, Chr. Leu, Commercialising Fuel Cell Products Fuel Cell 2000, Proceedings, Ed. L. Blumen, Luzern, July 2000, S. 19–28.
- 2 US Department of defense report to congressional defense committees: On the Utilization and Demonstration of Fuel Cells www.dodfuelcell.com/Strategy_Report.pdf
- 3 In Anlehnung an: Martin Ruge, PowerPac-Projekt-Seminar ETHZ und PSI, April 2001

Technologie-Bezeichnung	Elektrolyt, fest/flüssig	Brennstoff	Oxidationsmittel	Betriebs-temperatur	Ladungs-träger	Katalysator	Effizienz ² (higher heating value)
Solid Oxide Fuel Cell, SOFC	Zirkoniumoxid fest	(CH ₄ und Wasser), H ₂ , CO	Luft	ca. 1000°C	O ²⁻	Perovskit/Nickel	40-55%
Polymer Electrolyte Fuel Cell, PEFC (Auch PEM Fuel Cell für Proton Exchange Membrane)	Kationen-tauscher-Membran fest	H ₂ , rein (direkte Methanol Zelle: wässr. Methanol)	Luft	ca. 70°C	H ⁺	Platin	40-50%
Phosphoric Acid Fuel Cell, PAFC	Phosphor-säure, flüssig	H ₂ , rein	Luft	ca. 200°C	H ⁺	Platin	ca. 40%
Molten Carbonate Fuel Cell, MCFC	Alkali-karbonat, flüssig	(CH ₄ und Wasser), H ₂ , CO	Luft	ca. 650°C	CO ₃ ²⁻	Nickel	50-60%
Alkaline Fuel Cell, AFC	Kalium-hydroxid, flüssig	H ₂ , rein	Luft ohne CO ₂	ca. 70°C	OH ⁻	Nickel	50%

*Tabelle 1
Brennstoffzellen-Technologien und deren Merkmale.
² HHV higher heating value, Effizienz bzgl. Elektrizitätsgewinnung aus Brennstoff, Stand der Technik in Prototypen und Pilotanlagen.

- Anlagen zur dezentralen Strom- und Wärmeproduktion mit 200 kW_{el} Leistung. Einige Systeme werden bereits auf dem Markt getestet, basierend auf PAFC-Technologie. Weitere Systeme basierend auf anderen Brennstoffzellen-Technologien befinden sich noch in Entwicklung.
- Kommerzielle Aggregate als Ersatz für Generatoren und Motoren um 1 kW. Basierend auf PEFC-Zellen zeichnen sich die Entwicklung und Produktion marktfähiger Systeme in den nächsten Jahren als realistisch ab.

Mittelfristig, d.h. in 10–20 Jahren, ist das Substitutionspotenzial der Brennstoffzellen über einen breiten Leistungsbereich sehr gross. Allerdings sind applikations-spezifische Hürden zu meistern und durch die vom Markt gesetzten Randbedingungen zu erfüllen. Dies gilt insbesondere für die Substitution von kleinen Akkumulatoren <10 W_{el}. Hier sind kritische Erfolgsfaktoren die noch geringe Systemeffizienz und ein marktgerechter Preis pro Watt¹.

F&E Kompetenz und Transferpotenzial in der Schweiz

Der Forschungsplatz Schweiz verfügt über langjährige Tradition und ein breites Know-how speziell im Bereich PEFC und SOFC. Die industrielle F&E wird im Bereich SOFC von Sulzer Hexis dominiert. Aus

**Im Einsatz von nachwachsenden Brennstoffen wie Biogas, Methanol usw.*

*Tabelle 2
Anwendungsbereiche und Vorteile von Brennstoffzellen³.*

Erwarteter Vorteil oder Zusatznutzen	Substitution von	Anwendung mobil	Anwendung stationär	Leistung elektrisch
Hohe Energiedichte, schnelle Beladung, geringes Gewicht, keine Selbstentladung	Batterien, Akkumulatoren	Handheld Systeme, Natel		10 W
		Videorecorder, Laptop, Haushalt-, Heim- und Freizeitgeräte, Fahrrad, Mofa		100 W
Geringe Geräuschemissionen, hoher Gesamtwirkungsgrad, geringer Schadstoffausstoss, CO ₂ -neutral (Biogas)*	Netzversorgung, Generatoren, Akkumulatoren, Netzversorgung, Heizungsanlagen		dezentrale Stromversorgung, Haushalt-Heizung	1 kW
Guter Wirkungsgrad, geringer Schadstoffausstoss, CO ₂ -neutral (Biogas)*, positives Image	Bleiakkumulatoren, Verbrennungsmotor	Automobil	Notstrom-Systeme	10 kW
			dezentrale Energieversorgung, Grossgebäude	100 kW
			zentrale Energieversorgung	>100 kW

einer erfolgreichen Zusammenarbeit auf Projektbasis zwischen der ETH und Sulzer Hexis ist ein aussichtsreiches Brennstoffzellen-System hervorgegangen.

Die Forschung im Bereich der Brennstoffzellen wird dominiert durch das PSI in Villigen, die ETH Zürich und Lausanne, die EMPA sowie ausgewählte Fachhochschulen.

Die Entwicklung von Brennstoffzellen erfordert die Einbindung von Kompetenzträgern aus unterschiedlichen Wissensbereichen, wie Materialforschung, Oberflächentechnologie, Elektronik, Elektrochemie, Prototyping, Fertigungstechnologie, Prozessoptimierung oder Marketing aus Wissenschaft und Industrie.

Im Bereich Polymer-Elektrolyt-Zellen hat die Schweiz einen technologischen Wissensstand erreicht, der einen Zeithorizont von wenigen Jahren bis zur Marktreife von Produkten speziell im Bereich um 1 kW_{el} erwarten lässt.

Wertschöpfung auf verschiedenen Stufen der Prozesskette

Die Brennstoffzellen können als „Wertschöpfungsgeneratoren“ auf verschiedenen Ebenen genutzt werden. Die Tabelle 4 gibt einen Überblick von den Zulieferkomponenten für die Zellenherstellung bis zur umfassenden Systemintegration in unterschiedlichen Aggregaten und Endgeräten.

Nutzen und die Chancen!

Die hohe Kompetenz des Forschungs- und Werkplatzes Schweiz in allen Bereichen der Brennstoffzellen-Wertschöpfungskette eröffnet ein vielfältiges Potenzial für eine wirtschaftliche Nutzung der Brennstoffzellen-Technologie. Die Partnerschaft zwischen Wissenschaft und Industrie schafft die Voraussetzung für eine herausragende Stellung der Schweiz in dieser Schlüsseltechnologie. Notwendig ist die Bereitschaft beider Partner, diese Chance zu erkennen und im Rahmen einer vertrauensvollen Partnerschaft zu nutzen.

*Tabelle 3
Fokus in der Forschung und Transferpotenzial bei den Schweizer Kompetenzzentren: PSI, ETHZ, EPFL, EMPA und Fachhochschulen.*

Fokus in der Forschung	Transferpotenzial
Entwicklung neuartiger Protonenleitender Membranen	Neue Generation Polymer Elektrolyt Zellen
Anoden-Materialien für direkt Methanol umsetzende Brennstoffzellen	Bau von Mini-Brennstoffzellen <10 W
Entwicklung und Systemintegration von Brennstoffzellen-Stapeln	Industrielle Herstellung von 1-kW-Aggregaten
Wassermanagement in Polymer Elektrolyt-Zellen	Neue Generation von PEFC-Stapeln
Optimierung der CO-Toleranz von Elektrokatalysatoren und Elektroden	Vereinfachte Systemtechnik Einsatz von Kohlenwasserstoff-Brennstoffen
In-situ-Charakterisierung von PEFCs	Optimierung der elektro-chem. Komponenten
Prüfstand für Brennstoffzellen	Test und Optimierung von PEFC-Systemen
Neue Materialien (Metalloxide, Polymere) als Elektrokatalysatoren und Elektroden	Neue Generation SOFC und PEFC
Dünnschicht-Elektrolyten für SOFC, neue keramische Werkstoffe und Anodensubstrate, Aufklärung von Reaktionsmechanismen, Katalyse an Anode/Elektrolyt Interface, neue Produktionsprozesse	Optimierung von SOFC, Anoden für Tief-Temperatur-SOFC, kostengünstige Fertigung
Software Tools zum Design und Optimierung von SOFC	Sulzer Hexis: Optimierung von SOFCs
Entwicklung und Kleinserie von 300-W-PEFC-Aggregat	Planung und Herstellung von 1-kW-Aggregaten

*Tabelle 4
Wertschöpfung auf verschiedenen Ebenen.*

Direkte Wertschöpfung auf Stufe der Brennstoffzelle	Komponente	Kompetenz von potenziellen Industriepartnern
	PEFC-Membran-Folie	Folienherstellung und -verarbeitung
	Elektroden Elektrische Leiter	Metall-, Graphit-, Keramik-, Oberflächenbearbeitung, kat. Oberflächen
	Bipolare Verbindungselemente, Gehäuse	Metall-, Kunststoffbearbeitung, Sintern, Stanzen, Pressen usw.
Direkte Wertschöpfung auf Stufe Brennstoffzellen-Aggregat	Brennstoffspeicher, H ₂ -Speichersysteme	Gas-Kompression, Druckflaschen, Gasfüllsysteme
	Kompressoren, Pumpen, Gebläse	Pumpen-, Motoren- und Gerätebau
	Steuerung, Regelung	elektronische Regelungstechnik, regelungstechn. Software usw.
	Stromtransformation und Veredelung	Elektrotechnik
Anwendungen eines 1-kW-BZ-Aggregates	Einsatzbereich	Transferpotenzial für Hersteller von
	Portable Elektrogeräte Ersatz von Akkumulatoren oder herkömmlichen Verbrennungsmotoren	Heim- und Haushaltgeräte (z.B. Rasenmäher, Bohrmaschine usw.)
	Ersatz von Dieselgeneratoren	Baubedarf, Landmaschinen, Forstgeräte (z.B. Warnlampen, Motorsägen usw.)
	Umweltfreundlich angetriebene Fortbewegungsmittel (Fahrrad, Microboard, Rollstuhl, Boot usw.)	Camping-Zubehör Fahrrad, Microboard, elektrische Rollstühle usw.

Das BFE nährt keine Illusionen

Die Entwicklung von Brennstoffzellen verdient eine solide, jedoch illusionsfreie Förderung

Alphons

Hintermann

BFE-Bereichsleiter
Brennstoffzellen
(Wasserstoff)

Martin Rügsegger

BFE-Bereichsleiter
Brennstoffzellen
(Erd- und Biogas)

Die Brennstoffzellen-Technologie ist faszinierend einfach und zugleich in ihrer Anwendung äusserst anspruchsvoll. Brennstoffzellen erzeugen aus chemischen Energieträgern und Sauerstoff auf direktem Weg Strom, jedoch material- und fertigungstechnische Schwierigkeiten beim Bau kostengünstiger Zellenstapel sowie die Konkurrenz der traditionellen Stromerzeugungsmethoden werden einer breiten Markteinführung noch einige Zeit im Wege stehen.

Seit mehr als zehn Jahren unterstützt und fördert das BFE die diesbezüglichen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten. Alphons Hintermann, BFE-Bereichsleiter für Wasserstoff-Brennstoffzellen, und Martin Rügsegger, BFE-Bereichsleiter für Erd-

Martin Rügsegger: Die Marktchancen sind noch für alle Brennstoffzellentypen mittelfristig ähnlich. Heute sind PAFC-Anlagen mit 200 kW aus USA am weitesten entwickelt und auf dem Markt. Andere Zellentechnologien sind zu entsprechend hohen Preisen als Prototypen mit langen Lieferfristen auch erhältlich. Nach wie vor befinden wir uns vornehmlich im Pilotstadium, wo es darum geht, die gewählte Technik zu prüfen, oder allenfalls in der Demonstrationsphase mit dem Schwerpunkt der wirtschaftlichen Validierung.

Martin Rügsegger:

„Tatsachen und Resultate sind mir wichtig, bei Euphorien bin ich jedoch vorsichtig.“

und Biogas-Brennstoffzellen, nehmen Stellung zur aktuellen Situation.

Welchen Stand hat die Brennstoffzellen-Technologie erreicht?

Alphons Hintermann: Heute stehen fünf verschiedene Brennstoffzellen-Technologien im Einsatz, die sich durch die Brennstoffe, durch die Zellenbauweise und die entsprechende Betriebstemperatur unterscheiden. Der Entwicklungsstand der einzelnen Technologien ist wohl unterschiedlich, jedoch noch nicht dort, wo er in regelmässig erscheinende Medienberichten hin suggeriert wird, nämlich kurz vor einer breiten Markteinführung.



Wie fördert das BFE die laufenden Entwicklungsaktivitäten?

Martin Rügsegger: Die gesetzten Stossrichtungen des BFE sind Niedertemperatur-PEFC) und Hochtemperatur-Brennstoffzellen (SOFC). Betrieben werden diese mit Wasserstoff oder Methanol bzw. Erdgas oder Biogas. Damit decken wir den mobilen und stationären Bereich ab. Wichtig für das BFE ist, die Wissensbasis kontinuier-

*Martin Rügsegger:
„Wir suchen
konkrete Problemlösungen und
Neuentwicklungen,
beispielsweise
technologische
Durchbrüche.“*

lich zu vertiefen sowie Forschung und Entwicklung langfristig zu sichern. Im Weiteren suchen wir konkrete Problemlösungen und Neuentwicklungen, beispielsweise technologische Durchbrüche, die zu kostengünstigeren Zellen führen. Daher binden wir möglichst frühzeitig die Industriepartner für Systemkomponenten (Pumpen, Gebläse, Ventile, Elektronik usw.), für Stapelkomponenten (Bipolarplatten, Einspannung, Elektrochemie usw.) sowie die künftigen Brennstoffzellenanwender, -hersteller und Energieverteiler (H_2 , Biogas usw.) in die laufenden Forschungs- und Entwicklungsprojekte ein.



Alphons Hintermann: „Wir möchten das vorhandene Wissen optimal vernetzen.“

Alphons Hintermann: Wir möchten ausserdem das Wissen optimal vernetzen und fördern daher gezielt die intensive Zusammenarbeit der Forschungsinstitute mit der Industrie, insbesondere den KMU-Betrieben und die Einbindung der Fachhochschulen. Durch das Vernetzen der Kompetenzen und Ressourcen streben wir eine Fortsetzung der führenden Position der Schweizer Technologie an, die – wohl kaum im Massenproduktionssektor, jedoch in Nischenmärkten der Fertigung – auf ihre Stärken abstellen kann. Dazu zählen beispielsweise Beschichtungstechnologien, Materialentwicklungen, Komponentenherstellung usw., wo viel Fachkompetenz in der Schweizer Industrie abzuholen ist.

Kaum ein Tag vergeht, an dem nicht von einem neuen Produkt mit Brennstoffzellen gesprochen wird. Firmen versuchen sich zu profilieren. Sowohl potenzielle Kunden als auch Investoren werden mit einer Vielfalt von Anwendungen verwirrt.

Alphons Hintermann: Wir begrüssen diesen Goodwill, den die Brennstoffzellen-Technologie weltweit genießt, möchten ihn aber auch für die Zukunft erhalten, indem wir Facts in Forschung und Entwicklung sowie in Pilot- und Demonstrationsanlagen schaffen. Wir wollen mit möglichst guten und

beachtliches Potenzial wäre vorhanden. Wesentliche Vorzüge beim Einsatz als BHKW in der dezentralen Energieversorgung in Agglomerationen sind: die minimalen Übertragungsverluste durch die Nähe zum Verbraucher sowie die Tauglichkeit als ergänzende, netzverstärkende Anlagen, welche wartungsarm, umweltfreundlich und leise sind.

Welche Ausrichtung hat die künftige Förderung der Brennstoffzelle durch das BFE?

Alphons Hintermann: Nach wie vor geht es darum, Tatsachen zu schaffen, in einem Umgebungsklima der Hoffnungen und Illusionen. Es sind funktionsfähige Brennstoffzellen-Komponenten zu entwickeln und geeignete Industriepartner zu finden, mit denen wir gemeinsam eine solide Markteinführung erreichen können. Dazu

**Alphons Hintermann:
„Brennstoffzellen sind
interessante Energieumwand-
ler. Eine breite Marktein-
führung ist kaum in den näch-
sten zwanzig Jahren zu
erwarten, wohl aber Nischen-
anwendungen.“**

sind Systemabgrenzungen zu definieren und konkrete Entwicklungsschritte zu tätigen und Nischenmärkte auszuloten.

Martin Rügsegger: Das BFE will lieber auf der Basis solider Grundlagen fahren, denn zu grosse Euphorie und blindes Einsteigen von Investoren könnte in wenigen Jahren bei nicht ganz erfüllten Erwartungen kontraproduktive Auswirkungen für die Brennstoffzellen haben. Das BFE steht mit einem langfristigen Engagement hinter dieser interessanten, zukunftsweisenden Technologie und will deren Zukunft aktiv mitgestalten.

kostengünstigen Produkten im Markt auftreten und keine Illusionen nähren, die sich später nicht erfüllen.

Martin Rügsegger: Ein wichtiger Faktor für den Markt und den Erfolg ist das Erreichen eines besseren stabilen Gesamtwirkungsgrades der Brennstoffzellen-Systeme gegenüber den bisherigen Systemen sowie einer höheren Verfügbarkeit und eines niedrigeren Preises. Kleinst-Anwendungen sind denkbar, wie Alternativen zu Batterien für Natels und andere elektronische Kleingeräte. Hier könnte der Durchbruch sehr schnell erfolgen, dies ist aber schwer abzuschätzen. Der mittlere Leistungsbereich von 1–200 kW bietet verschiedene mobile und stationäre Einsatzmöglichkeiten – ein

PSI: Kompetenz durch Fokussierung

Die Forschung im Bereich der Niedertemperatur-Technologie hat wichtige Fragen thematisiert

Günther Scherer

Paul Scherrer
Institut
CH-5232 Villigen

Obschon das Prinzip der Brennstoffzelle seit langem bekannt ist, haben erst einige wesentliche Schritte bei der Materialforschung die Entwicklungsaktivitäten weltweit beschleunigen können. Vor rund zehn Jahren begann auch das Paul Scherrer Institut in Villigen die entsprechenden Forschungsarbeiten. Heute steht ein interdisziplinäres Team im Einsatz, um grundlegende Erkenntnisse in der PEFC-Technologie zu gewinnen. Diese Brennstoffzelle funktioniert als Niedertemperaturtyp und eignet sich sowohl als stationäre als auch mobile oder gar portable Einheit. Daher auch das Interesse der Automobilindustrie an diesem Zellentyp.

Die primäre Herausforderung bei Forschung und Entwicklung von Niedertemperatur-Brennstoffzellen ist zunächst die Infrastruktur des Brennstoffs, dann jedoch eine möglichst starke Kostenreduktion bei Materialien und Fertigung, um die Chancen im Markt deutlich erhöhen zu können.

Polymer-Membran aus handelsüblicher Ware

Das PSI-Forschungsteam der Polymer-Elektrolyt-Brennstoffzelle arbeitet deshalb in den drei relevanten Bereichen: Komponenten, Module und Systemaspekte. In allen diesen Gebieten konnten im Jahr 2000 wichtige Arbeiten durchgeführt werden.

Die PEFC-Zellen nutzen eine Polymermembran, die zugleich als Ionenleiter und Separator von Wasserstoff und Luft wirken muss. Auf der Suche nach einer kostengünstigeren Lösung des Membranmaterials wurde am PSI ein Herstellungsverfahren durch Strahlenpfropfen untersucht, indem eine FEP-Hauptkette bestrahlt wird und in Ver-



PEFC-Stapel mit 100 wassergekühlten Zellen und einer aktiven Fläche von je 200 cm² für das Demonstrationsprojekt einer 6-kW-Brennstoffzelle.

Fuel Cell 2001 in Luzern

In Kürze treffen sich die Experten in Luzern zur diesjährigen Brennstoffzellen-Tagung „Fuel Cell 2001“. Vom 2. bis 6. Juli 2001 werden im Kultur- und Kongresszentrum die drei Bereiche präsentiert: die praxisnahe Tagung „The Fuel Cell Home“, der wissenschaftliche Kongress „1st European PEFC Forum“ und die internationale Ausstellung neuester Produkteentwicklungen und Zubehör. Damit wird dem Anspruch einer umfassenden Orientierung über die technologischen Entwicklungen und Möglichkeiten einer Markteinführung optimal entsprochen.

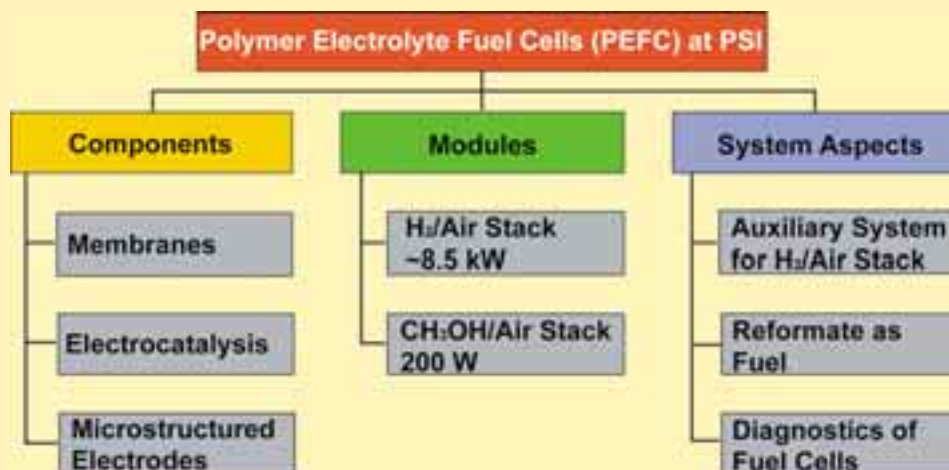
bindung mit Styrol ein Pfropfungsschritt durchläuft. Mit der Zugabe einer Sulfonsäuregruppe (SO_3H) entstand die ionenleitende Membran aus handelsüblicher Ware.

Den Gefahren auf der Spur

Gefragt sind Entwicklungslösungen, die sich auch für eine Umsetzung in der industriellen Produktion eignen. Die Gefahr einer elektrischen Potenzialumkehr in einer oder mehreren Zellen entsteht durch unregelmässige Gaszufuhr, Austrocknung der Polymer-Membran oder durch Wasserkondensation in den Elektroden. Experimentelle Analysen zeigen das Verhalten der involvierten Komponenten auf. Im Übrigen ist die Befeuchtung der Folien bei der PEFC-Technologie ein wichtiges Forschungsthema, denn es wäre wünschenswert, ohne die zurzeit notwendigen Zusatzgeräte auszukommen.

Gesamtheitliche Betrachtung des Antriebssystems

Die Bipolarplatte ist ein zentrales Konstruktionselement des Zellenstapels und muss daher bezüglich Material und Gestaltung weiter optimiert werden. Mit einer Ver-



suchsanlage mit 100 Zellen konnte beim PSI eine spezifische Leistung von 330 W/kg und eine Nominalleistung von 6,4 kW erreicht werden. Zur Erfüllung der materialtechnischen Forderungen, wie Korrosionsbeständigkeit in Kontakt mit sauren Elektrolyten, Wasserstoff, Wärme und Feuchtigkeit, wurde ein Material auf Grafitbasis gewählt. Und in enger Zusammenarbeit mit der Industrie und der ETHZ konnte man einen wassergekühlten Stapel realisieren.

Inzwischen hat das PSI eine Brennstoffzelle mit einem 8,5-kW-Stapel für eine mobile Testanwendung entwickelt. Dabei kommen die interdisziplinären Vorzüge der involvierten Teams voll zum Tragen, so dass auch die elektrotechnischen Aspekte, beispielsweise mit dem Einsatz eines Superkondensators (Supercap), untersucht werden konnten. Dadurch war es möglich, den gesamten Antriebsstrang eines Fahrzeugs mit Regelungs- und Hilfssystemen anforderungsoptimiert auszulegen.

Weniger Edelmetalle für marktgerechte Kosten

Im Hinblick auf eine kostengünstigere Produktion von Brennstoffzellen wurde auch das Edelmetall Platin zum Thema. Die Niedertemperatur-PEFC benötigt Platin als Elektrokatalysator, es wird für diesen Zweck auf Grafitpartikeln in der Aktiv-

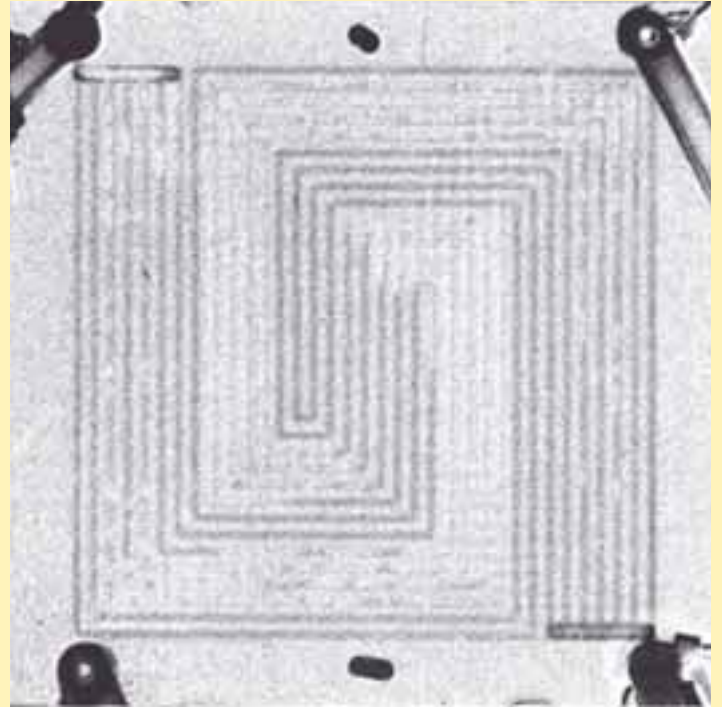
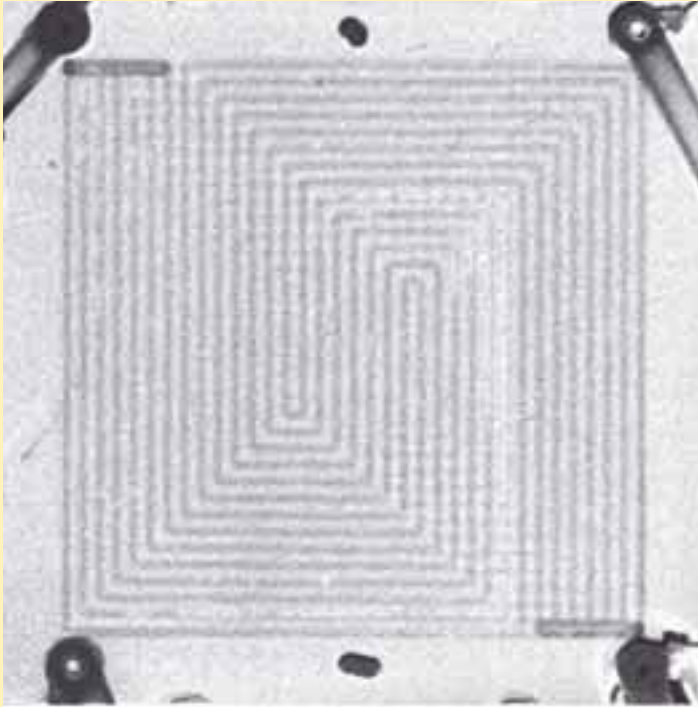
Das PEFC-Forum wird vom Paul Scherrer Institut organisiert und wechselt sich in Zukunft in Luzern in 2-jährigem Rhythmus mit dem SOFC-Forum ab. Hierbei stehen die wissenschaftlichen Arbeiten internationaler Spezialisten im Mittelpunkt.

Bei der Tagung „The Fuel Cell Home“ behandeln renommierte Fachleute die Situation beim Erdöl und weisen auf die Chancen der Brennstoffzellen-Technik im Mobilitäts- und Gebäudebereich hin. Zahlreiche Fragen sind bei der Einführung der Brennstoffzellen noch zu beantworten: vom Treibstoff über dessen

Transport und Lagerung bis zur Effizienz der heutigen Anlagen.

Internet-Link

Das European Fuel Cell Forum im Überblick
www.efcf.com



schicht der Elektroden abgeschieden. Grosse Platin-Mengen ergeben eine hohe Spannung bei einer hohen Stromdichte und somit hohe Leistungen pro Flächeneinheit; der damit verbundene hohe Materialpreis steht diesem Vorteil jedoch entgegen. Mit gezielten Modelluntersuchungen wurden nun unterschiedliche Positionierungen der Platin-Anteile auf dem Elektrodenmaterial untersucht.

Die Kanäle sichtbar machen

Die Frage nach der Wasserstoff-Versorgung von Brennstoffzellen im mobilen Einsatz hat auch zur Entwicklung eines alternativen Typs mit direkter Methanol-Nutzung ge-

führt (DMFC = Direct Methanol Fuel Cell). Mit Hilfe der Neutronenradiographie konnte man am PSI das Verhalten des aus der Oxidation von Methanol an der Anode entstehende Kohlendioxid im Flussfeld sichtbar machen. CO_2 sammelt sich in den Gaskanälen der Platten an und blockiert mit der Zeit den Zutritt des Methanol-Wassergemisches zur Elektroden/Membran-Grenzfläche. Die Ergebnisse dienen heute dazu, Optimierungen der Kanalgestaltung zu entwickeln.

Nachhaltiges System für die Zukunft gefragt

Die Herausforderungen, denen sich das PSI-Team stellt, sind vielschichtig. Zum einen wird man sich weiterhin auf die Niedertemperatur-Technologie konzentrieren, um als Kompetenzzentrum einem breiten Interessenkreis fundierte Kenntnisse und Erfahrungen vermitteln zu können. Zum andern ist man mit dem interdisziplinären Know-how in der Lage, die Entwicklungsforderungen für neue Materialien, optimierte Zellenmodule und gesamtheitliche Lösungen der Systemaspekte zu erfüllen. Denn wichtig ist neben den Detailfragen auch die Gesamtbetrachtung, welche die „graue Energie“ ebenso mitberücksichtigt, um in Zukunft ein nachhaltig konzipiertes Energiesystem einsetzen zu können.

Experiment Neutra – die Neutronenquelle SINQ macht es sichtbar: Das Anodenflussfeld der DMFC-Brennstoffzelle bei geringer (links) und grösserer Stromdichte (rechts). Methanoleintritt: dunkler horizontaler Streifen, oben links. Austritt: unten rechts. Mit Gas (CO_2) gefüllte Kanäle erscheinen hell im Bild; sie verhindern den Brennstofffluss.

Im Dreiklang tönts viel versprechend

Mit drei unterschiedlichen Brennstoffzellen-Anlagen werden Tests durchgeführt

Stephan Renz
Beratung Thoma
& Renz
CH-4051 Basel

Thomas Wälchli
Daniel Laager
Elektra Birseck
CH-4142
Münchenstein

Harald Raak
Sulzer Hexis AG
CH-8404
Winterthur

Drei unterschiedliche Brennstoffzellen-Technologien stehen als Pilotprojekte im Raum Basel im Einsatz. Pioniergeist der Initianten, die teilweise langjährige Erfahrung mit Blockheizkraftwerken und das wache Interesse an Technologien mit höherem Wirkungsgrad bei verminderten Emissionen bilden die jeweilige Grundlage für die Entscheide. Mit BFE-Unterstützung sind nacheinander eine SOFC-Anlage der Sulzer Hexis AG und eine PAFC-Einheit der US-Firma ONSI installiert worden; die Elektra Birseck Münchenstein (EBM) hat mit Unterstützung des Projekt- und Studienfonds der Elektrizitätswirtschaft im Herbst 2000 eine PEFC-Brennstoffzelle von Alstom-Ballard in Betrieb genommen. Inzwischen konnte man Erfahrungswerte sammeln, die eine erfreuliche Bestätigung dieser modernen Technologien bieten.

PAFC bei AEB

Die Alternativ-Energie Birsfelden (AEB) liefert seit Mitte der 80er Jahre Wärme an lokale Wohnsiedlungen und Gewerbebetriebe im Umfang von ca. 15 Mio. kWh/Jahr. Die Abwärme des nahe gelegenen Rheinkraftwerks wird mittels Wärmepumpen für diesen Wärmeverbund genutzt.

Die im vergangenen Jahr installierte Phosphorsäure-Brennstoffzelle (PAFC) von ONSI ist für 200 kW_{el} und 220 kW_{th} ausgelegt. Die Austrittstemperatur beträgt 75 °C (mit Hochtemperaturauskopplung 120 °C). Die Phosphorsäure ist – als flüssiger Elektrolyt – in einem porösen Körper gebunden. Den benötigten Wasserstoff gewinnt man mit einem Reformer, welcher Prozessgas (Erdgas) umwandelt. Weltweit sind bereits über 200 derartige Anlagen in Betrieb.

Diese Tatsache – und der erfolgreiche Feldtest mit 40 000 Betriebsstunden zwischen 1993 und 1998 eines Vorgängermodells bei den SIG, Genf – waren wesentliche Gründe für den Entscheid zugunsten dieses weiterentwickelten Typs.

Nach einem erfolgreichen Start am 1. August 2000 mussten später einige technische Optimierungen ausgeführt werden, wodurch das Zusammenwirken von Hersteller, Importeur und Anlagebetreiber bzw. technischer Betreuer auf die Probe gestellt wurde. Seit November 2000 ist die Anlage störungsfrei in Betrieb und erfüllt die defi-

Die PAFC-Brennstoffzellen-Anlage wird am Standort in Birsfelden abgeladen und montiert.



nierten Leistungsdaten. Der elektrische Wirkungsgrad, inkl. aller Nebenaggregate, beträgt 41% (gemessen). Die Wärme-Isolierung des Innenraums der Anlage ist zufriedenstellend, sie ist für eine Aufstellung im Freien konzipiert. Allerdings gab es Schallemissionen, die für Wohnbauten in direkter Umgebung nachteilig sind und zur Modifikation mit einem Schalldämpfer führten.



Seit November 2000 ist die PAFC-Anlage störungsfrei in Betrieb und liefert Wärme an das lokale Wärmeverbundnetz der AEB.

Die Erfahrungen bestätigen die Eignung der PAFC als Ersatz von Blockheizkraftwerken. Zudem wird mit dieser AEB-Anlage auch die Chance für lokale Anwender mit schlanker Organisation und ohne eigenem technischen Support aufgezeigt.

Seit anfangs 2000 wird in Köln (Deutschland) eine ONSI/PAFC erfolgreich mit Biogas betrieben. Da bereits 15 Brennstoffzellen dieses Herstellers in Europa installiert sind, hat sich eine Benutzergruppe gebildet, die regelmäßigen Erfahrungsaustausch pflegt.

PEFC bei EBM

Die weltweit erst dritte Anlage einer PEFC-Brennstoffzelle von Alstom-Ballard in der 250-kW-Klasse setzt seit Oktober 2000 die Elektra Birseck (EBM) in Münchenstein ein. Auf dem Firmengelände wird diese Polymer-Membran-Zelle, die ebenfalls mit dem aus Erdgas gewonnenen Wasserstoff betrieben wird und einen ionenleitenden Festelektrolyten aufweist, für Tests zur Strom- und Wärme-Erzeugung genutzt.

Blick ins Innere der PEFC-Anlage der Elektra Birseck Münchenstein (EBM) mit dem Zellenstapel als Herzstück der Einheit (rechts). Ende März 2001 konnte der „Site Acceptance Test“ erfolgreich abgeschlossen werden.



Diese Technologie arbeitet jedoch mit einer niedrigen Temperatur und wird neben dem stationären Einsatz vor allem auch in kleinerer Bauart für mobile Anwendungen entwickelt.

Die EBM betreibt seit 1982 Blockheizkraftwerke in heute 49 Heizzentralen mit einer Gesamtleistung von über 5 MW. Der Einstieg in die Brennstoffzellen-Technologie soll die Möglichkeiten eines Ersatzes dieser BHKWs analysieren. Die Leistung dieser neuen Anlage liegt bei 212 kW_{el} und 240 kW_{th}, einer Betriebstemperatur von ca. 80 °C. Die hier erzeugte Abwärme kann in Zukunft zur Substitution von Heizöl für die Wärmelieferungen innerhalb des Betriebsareals der Elektra Birseck dienen. Im Unterschied zum amerikanischen Markt ist man in Europa grundsätzlich an Strom und Wärme interessiert. Mit dem Aufbau einer rein europäischen Fertigungsstätte lässt sich dies gezielt verwirklichen.

Am 30. März 2001 wurde der „Site Acceptance Test“ erfolgreich abgewickelt. In enger Zusammenarbeit mit dem Lieferanten

konnten die anfänglichen technischen Schwierigkeiten – erstaunlicherweise vor allem mit peripheren Elementen des Systems – behoben werden. Seither erreichte die EBM bereits monatliche Verfügbarkeiten von über 60%. Unterbrechungen sind unter anderem auch eine Folge eines starken Interesses an Führungen durch die Pilotanlage sowie von Modifikationsmassnahmen.

Durch die Beteiligung der EBM an der AEB werden die Betriebserfahrungen beider Brennstoffzellen-Technologien wegweisende Impulse für die künftige Ausrichtung ergeben. Grundsätzlich betrachtet man diese zukunftsweisende Energietechnik positiv und erwartet einen verstärkten Einsatz zur dezentralen Versorgung, wodurch Wärme und Strom in die Nähe der Endkunden gelangt.

SOFC im Wirtschaftsgymnasium

Bereits Ende 1998 wurde eine der sechs weltweit platzierten Feldtestanlagen der SOFC-Zelle von Sulzer Hexis im Wirtschaftsgymnasium in Basel aufgestellt. Bei dieser Hochtemperatur-Technologie mit einem Zirkoniumdioxid-Elektrolyten kann direkt Erdgas eingesetzt werden.

Die Anlage ergänzt das vorhandene Heizungssystem des Schulgeländes und wurde seither für die Untersuchung der weiterentwickelten Stapeltechnik genutzt. Insgesamt vier Stapel dienten diesem Zweck. Im Jahre 2000 konnten rund 8000 Betriebsstunden aufgezeichnet, eine maximale Leistung von

1120 W_{el} und ein durchschnittlicher elektrischer Wirkungsgrad von 30% erreicht werden.

Gelegentliche Abschaltungen von mehreren Tagen für gezielte Untersuchungen haben zu einer verstärkten Degradation und einzelnen Zellenbrüchen geführt, was durch die Entwicklungsarbeiten an dem

neuen Vorserienmodell für den Grossfeldversuch ab 2001 berücksichtigt werden konnte. Einerseits setzt sich Sulzer Hexis das realistische Ziel einer Lebensdauer der Zellenstapel von 40 000 Stunden, andererseits wird daran gearbeitet, durch materialtechnische Optimierungen die notwendige Arbeitstemperatur zu senken und die Herstellkosten reduzieren zu können.

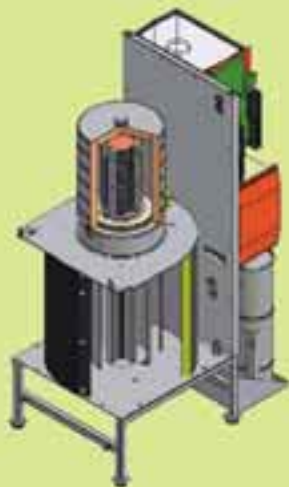


Die neue Brennstoffzelle von Sulzer Hexis – HXS 1000 Premiere – wird ab Herbst 2001 für den internationalen Feldversuch eingesetzt.

Internationale Ausweitung

Der Feldversuch startet in Kürze

Die „HXS 1000 Premiere“ ist als Brennstoffzelle für Einfamilienhäuser konzipiert und wird im Herbst 2001 für einen Feldversuch über vier Jahre lanciert. Die dezentrale Strom- und Wärmeerzeugung mit hohem elektrischen und Gesamt-Wirkungsgrad soll interna-



tional zum Einsatz kommen. Das neue Sulzer-Hexis-Modell nutzt die aktuellen technischen Erkenntnisse der Pilotanlagen, ist durch eine kompakte Bauweise geprägt und hat ein integriertes Zusatzheizgerät als ergänzendes, redundantes System. Hinzu kommt die elektronische Möglichkeit der Ferndia-

Internet-Links

Der Brennstoffzellen-Hersteller in den USA
www.onsicorp.com

Die Elektra Birseck in Münchenstein
www.ebm.ch

Das Energieunternehmen im Überblick
www.alstom.de

Ballard – Power to change the world
www.ballard.com

Sulzer-Hexis-Technologie für Wärme und Strom im Einfamilienhaus
www.hexis.ch

gnose über eine ISDN-Leitung zur Unterstützung der lokalen Installateure und des Betreibers.

Vorgesehen ist ein Energie-Contracting-Konzept, das den Endkunden von den Investitions- und Funktionsrisiken entlastet.

SOFC mit Biogas als Alternative

Im Rahmen der laufenden Forschungsaktivitäten wird in Kürze eine Pilotanlage bei einem landwirtschaftlichen Betrieb in Lully bei Lausanne installiert, um die Eignung der SOFC für Biogas zu verifizieren. Dieser Betrieb produziert bereits heute mit vier Fermentern Biogas und betreibt eine BHKW-Anlage mit einem Verbrennungsmotor. Mit BFE-Unterstützung und in Zusammenarbeit mit der EPFL wird u.a. eine Analyse des Biogases vor der Verbrennung und der entsprechenden Auswirkung auf den Wirkungsgrad durchgeführt. Mit diesem Test lässt sich auch das Potenzial dieser Brennstoffzelle zur dezentralen Stromerzeugung in Schwellenländern sichtbar machen.

Abtauen braucht zu viel Strom

Analyse der Abtaumethoden bei Luft/Wasser-Wärmepumpen zeigt Wege auf zu geringeren Verlusten

Martin Zogg

BFE-Programmleiter für Umgebungs- und Abwärmennutzung, Wärme-Kraft-Kopplung (UAW)
Kirchstutz 3
CH-3414 Oberburg

Fabrice Rognon

BFE-Bereichsleiter für Umgebungs- und Abwärmennutzung, Wärme-Kraft-Kopplung

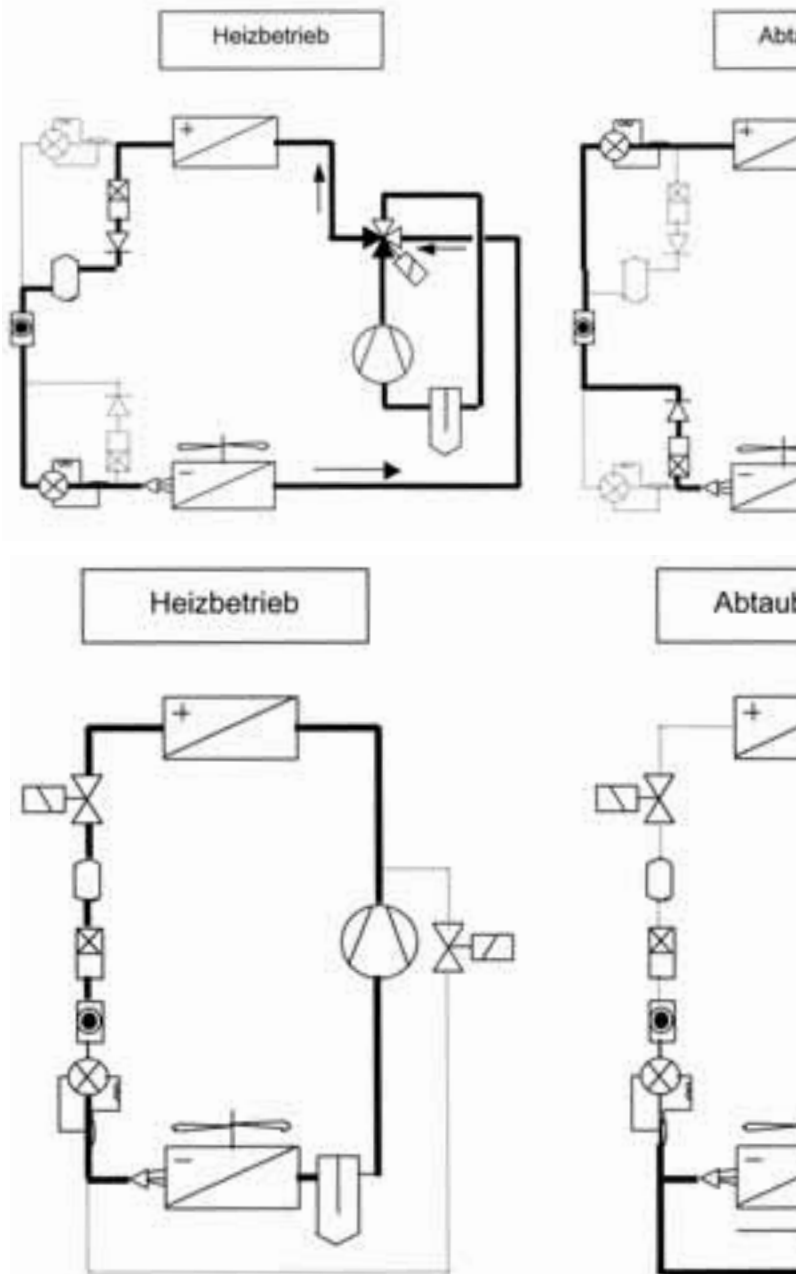
Die Abtauverluste erreichen bei Luft/Wasser-Wärmepumpen 10% bis 15% des gesamten Bedarfs an elektrischer Energie. Verbesserungen bei den Abtaumethoden könnten somit wesentlich zum Anheben der Jahresarbeitszahl beitragen. Aus diesem Grund wird in einem Vorhaben des Bundesamts für Energie nach Verbesserungen des Abtauens von Verdampfern mit Luft als Wärmequelle gesucht.

Prozessumkehr oder Heissgas

In der ersten Phase des Projekts wurden die gängigen Abtaumethoden einer eingehenden Analyse unterzogen. Während in der gewerblichen Kälte die direkte elektrische Beheizung zur Abtauung üblich ist, wird die Abtauung bei Wärmepumpen fast ausschliesslich durch Prozessumkehr (Umschaltung des Wärmepumpenprozesses zum Vertauschen von Verdampfer und Kondensator während der Abtauperiode – Grafik oben) oder durch Heissgas-Abtauung (Kompressor fördert nur durch den abzutauenden Verdampfer – Grafik unten) durchgeführt. Bei neuen Luft/Wasser-Wärmepumpen liegt der Anteil der Prozessumkehr-Abtauung bei über 75%.

Bei der Beurteilung der Abtauung durch Prozessumkehr werden die Verluste durch Druckverlust und Leckage der Umschaltventile im Allgemeinen nicht berücksichtigt. Das gilt auch für den Wärmeentzug auf der Heizungsseite, der später wieder gedeckt werden muss. Diese indirekten Verluste können bei Wärmepumpen mit Temperaturen

auf der Wärmeabgabeseite von 50 °C bis zu 80% des gesamten Abtauenergiebedarfs erreichen. Bei tiefen Temperaturen auf der Wärmeabgabeseite werden sie geringer. Die indirekten Verluste bei der Prozessumkehr relativieren den allgemein postulierten energetischen Vorteil der Prozessumkehr gegenüber der Heissgasabtauung.



Schlussbericht:

Verbesserung des Abtauens bei luftbeaufschlagten Verdampfern, Phase 1: Analyse gängiger Abtauverfahren,

Schlussbericht, BFE

B. Hubacher, M. Ehrbar

Download in

www.waermepumpe.ch/fe (Berichte)

oder zu beziehen bei ENET

Nr. 9816187

Alternative Methoden als Ersatz der problematischen Abtau-Situation

Prinzip der Prozessumkehr: Verdampfer und Kondensator werden während der Abtau-Periode vertauscht. (Grafik aus Schlussbericht)

Beide Abtau-Prozesse erweisen sich aufgrund einer detaillierten thermodynamischen Analyse zumindest bei höheren Temperaturen auf der Wärmeabgabeseite als energetisch vergleichbar. Problematisch bei der Heissgasabtauung ist die geringe Heizleistung. Sie gewährleistet oft kein vollständiges Abtauen der ganzen Verdampferoberfläche, und Einflüsse der freien Konvektion der Umgebungsluft im Verdampfer können zu unliebsamen Überraschungen führen. Im Schlussbericht werden auch alternative Abtau-Methoden angesprochen.

Auch die Konstruktion des Verdampfers und der Tropfwanne ist von erheblicher Bedeutung. Das Schmelzwasser muss beispielsweise aus dem Verdampferbereich abfliessen können, damit es in der Betriebsphase nicht erneut gefrieren kann.

Wärmepumpensysteme sind komplexer

Während die Abtauung in der Kältetechnik mit im Allgemeinen konstanten Temperaturen auf der Verdampferseite durch eine einfache Zeitschaltung ausgelöst und beendet werden kann, sind die Betriebsverhältnisse bei Wärmepumpen mit unterschiedlicher Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit wesentlich komplizierter. Dies erfordert ein bedarfsgeregeltes Einleiten und Beenden der Abtauung. Die dafür in der Praxis realisierten Strategien wie auch noch nicht erprobte Vorschläge werden im Schlussbericht der Phase 1 detailliert zusammengestellt.

In den nächsten Projektphasen ist für einen fundierten Vergleich gängiger Abtau-Methoden die Analyse einer grossen Zahl ausgemessener Luft/Wasser-Wärmepumpen vorgesehen. Darauf aufbauend sollen Verbesserungen erarbeitet und getestet werden.

Autor: Martin Zogg

Prinzip der Heissgas-Abtauung:
Der Kompressor fördert nur durch den abzutauenden Verdampfer.
(Grafik aus Schlussbericht)



Wärmepumpe für den Sanierungsmarkt

Im Mittelpunkt der diesjährigen Wärmepumpen-Tagung des UAW-Forschungsprogramms am 8. Mai 2001 standen Lösungsansätze für den Wärmepumpen-Einsatz im Sanierungsmarkt. Dabei reichte die Themenvielfalt von den technischen Anforderungen dieses spezifischen Anwendungsgebiets, über die Erfahrungen mit dem Prototypen für eine Swiss Retrofit Heat Pump im Feldtest bis zu Ansätzen einer Kooperation für die weitere Entwicklung, Herstellung und Verbreitung eines solchen Modells.

Da bisher die Wärmepumpe bei Heizungssanierungen – im Gegensatz zu dem beachtlichen Erfolg bei Neubauten – kaum Boden gewinnen konnte, kommt der Präsentation der neuesten Erkenntnisse eine wegweisende Bedeutung zu.

Die Referate können vom Internet heruntergeladen werden:
www.waermepumpe.ch/fe

Daten sind gefragt

Machbarkeitsstudien zeigen mögliche Wege auf zur Verbesserung der Verbrauchsstatistik

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

Erwin Gautschi
BFE-Bereichsleiter
Elektrizität

Wie kann der gesamtschweizerische Elektrizitätsverbrauch korrekt bestimmt werden? Aufgrund welcher Datenbasis lassen sich Aussagen zur Veränderung des Stromverbrauchs machen? Aussagekräftige statistische Werte sind also gefragt. Mit zwei Machbarkeitsstudien konnten für das BFE die Grundlagen zur Bestimmung von Massnahmen zur periodischen Datenerhebung formuliert werden. Während für die beiden Bereiche Beleuchtung und Mobilität bereits geeignetes Datenmaterial zur Verfügung steht, sind bei den Haustechnik-Kategorien Elektroheizung, Elektro-Wassererwärmer und Hilfsenergie für Heizungen ohne elektrische Wärmeerzeugung sowie bei Lüftungstechnischen Komponenten weitere Untersuchungen notwendig. Hierbei geht es in erster Linie um das Ermitteln von repräsentativen Kennwerten je nach Anlagentyp.

Dateninhalte für jede Kategorie

Die Studie umfasst das notwendige Vorgehen, die Methoden, Umfang bzw. Feinheitgrad und den voraussichtlichen Aufwand für die Datenerfassung. Pro Gerätekategorie sollen die Daten Auskunft geben über:

- Bestand und Neuzugang bzw. Abgang
- energietechnische Eigenschaften (Leistungsaufnahme Betrieb/Standby/ Aus)
- übliche Betriebsweise oder -zyklen bzw. Benutzerverhalten.

Datenqualität in Abhängigkeit des Bedarfs

Eine wichtige Aufgabe ist die Bestimmung des sinnvollen Feinheit- und Genauigkeitsgrades der Daten. Um ein angemessenes Kosten/Nutzenverhalten zu erreichen, sollen energetisch unbedeutende Verbraucherkategorien (< 0,5% des Landesverbrauchs) nicht genauer erhoben werden.

Internet-Links

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

Standby in Diskussion

Die dritte Konferenz der Internationalen Energie-Agentur IEA zum Thema „Standby-Power“ fand im Februar 2001 in Tokyo (Japan) statt. Bereits im Januar 1999 wurde durch die IEA ein erster Workshop unter dem Motto „Standby-Power: A Global Issue“ in Paris durchgeführt. Ein Jahr später erfolgte in Brüssel der zweite Workshop: „Reducing Standby-Power: Opportunities and Challenges“. Die nun durchgeführte 2-tägige Konferenz in Tokyo war der dritte und voraussichtlich letzte Workshop. Unter dem Motto „Towards a Harmonised Solution“ wurden zahlreiche Aspekte zu diesem allgemein anerkannten Problem des Stromverbrauchs von Geräten beleuchtet. Untersuchungen in verschiedenen Ländern wiesen darauf hin, dass rund 10% des Gesamtstromverbrauchs im Haushalt durch

Standby verursacht wird. Man schätzt, dass alle OECD-Länder zusammen etwa 200 TWh/Jahr Standby-Energie verbrauchen, also ca. 2,2% des gesamten OECD-Elektrizitätsverbrauchs. Dieser Anteil ist immerhin für etwa 1% der in den OECD-Ländern verursachten CO₂-Emissionen verantwortlich.

Insbesondere Videorecorder und Audiogeräte sowie PCs gehören zu den stillen „Stromfressern“. Tendenziell ist weltweit mit einer akkumulierten Erhöhung der Standby-Werte zu rechnen, weshalb der Druck auf die Gerätehersteller wächst, den Standby-Verbrauch drastisch zu reduzieren.

Der BFE-Programmleiter Elektrizität hatte Gelegenheit, anlässlich dieser Konferenz zwei Ergebnisse der schweizerischen Elektrizitätsforschung zu präsentieren. Einerseits wurden die Ergebnisse der Studie „Vernetzung im Haushalt und der Einfluss auf den Elektrizitätsverbrauch“ dem internationalen Publikum präsentiert. Andererseits fanden die Informationen über das „Abschalten von Servern über Nacht und am Wochenende“ reges Interesse.

Das Einsparungspotenzial ist aber nicht nur in der westlichen Hemisphäre bedeutend, vielmehr sind auch Schwellenländer zu beachten: Energieeinsparungen zwischen 5 und 20 TWh/Jahr werden beispielsweise aufgrund der Verkaufszahlen von Farbfernsehern in China (30 Mio. im Jahr 2000) geschätzt.

Bei heute unbedeutenden Kategorien ist jedoch das Entwicklungspotenzial zu beachten.

Bei den Gerätegruppen für Haushalt, Unterhaltungselektronik, Büro- und Kommunikationsgeräte lassen sich aus dem vorliegenden statistischen Material rund zwanzig für den Stromverbrauch relevante Kategorien festlegen.

Die beiden Studien zeigen, dass bei gewissen Kategorien mit angemessenem Aufwand eine deutliche Verbesserung der Datenlage erreicht werden kann. Andere Bereiche bieten dagegen erhebliche Schwierigkeiten zur exakten Bestimmung des Energieverbrauchs.

Machbarkeitsstudien:

- Datenerhebung im Programm „Elektrizität“
Verbrauchsgruppen: Beleuchtung, Haustechnik, Mobilität usw.
ARGE Arena – Bush Energie; Projektleitung: Jürg Nipkow; Dez. 2000
- Datenerhebung im Elektrizitätsbereich
Bereiche: Haushaltgeräte, Unterhaltungselektronik, Büro- und Kommunikationsgeräte, Industrie
ARGE Basics – Encontrol – Meyer & Schaltegger; Jan. 2001

Das Label „Energy Star“ befasst sich ebenfalls mit dem Standby-Verbrauch unterschiedlicher Geräte. Dabei fasst man Werte ins Auge von 1 W für TVs, 2 W für Videorecorder und 3 W für Kombigeräte. Generell wichtig ist, dass ein niedriger Standby-Verbrauch bereits bei der Konzeptphase einer Geräteentwicklung berücksichtigt wird. Dies ist Aufgabe der Industrie, wobei der Kunde mittels der Forderung nach energieeffizienten Geräten unterstützend wirken kann und soll.

Internet-Links

Informationen zum Thema „Standby-Power“
www.iea.org
www.openplanet.co.jp
www.wirklich-aus.de

VIP – „Vacuum Insulated Panels“

Die Anwendung der Vakuum-Isoliertechnik am Bau wird mit einem neuen IEA-Projekt international untersucht

Mark Zimmermann
BFE-Programmleiter
Haustechnik und
Gebäudesysteme
c/o EMPA
CH-8600 Dübendorf

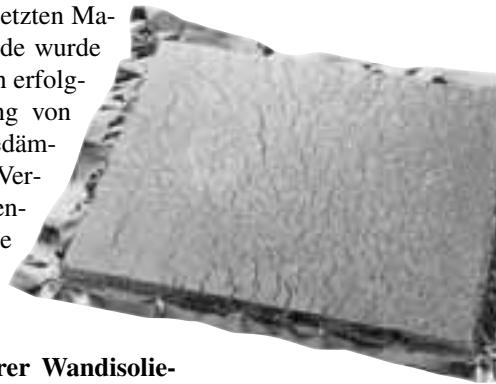
Martin Stettler
BFE-Bereichsleiter
Gebäudesysteme

Die Wärmedämmtechnik für Gebäude bewegt sich in zwei Richtungen: zu dickeren Isolierschichten oder zur reduzierten Wärmeleitfähigkeit der eingesetzten Materialien. Letztere Methode wurde in den vergangenen Jahren erfolgreich bei der Entwicklung von Fenstern mit hoher Wärmedämmung verfolgt. Dreifach-Verglasung, beschichtete Innen- und Aussenflächen sowie Edelgase als Füllmedien sind Stichworte hierzu.

Forderung nach dünnerer Wandisolierung

Für den Wandbereich wurde in dieser Zeit vor allem mit immer dickeren Isolationsystemen der wachsenden Bedeutung der modernen, Energie sparenden Baustandards entsprochen. Volumen bzw. Wanddicken, die bei Neubauten oft problemlos eingeplant werden können, sind im Sanierungsbereich kaum möglich. Daher kommt der Entwicklung von dünnen Isolierplatten mit stark verminderten Wärmeleitwerten eine besondere Bedeutung zu.

Die Vakuum-Isolations-Platten (VIP) bestehen aus einem Kernmaterial und einer umhüllenden Folie, die gasdicht verschweisst ist, so dass ein Vakuum im Innern erzeugt werden kann. Diese bei industriellen Anwendungen, beispielsweise beim Brennstoffzellen-System von Sulzer Hexis und bei den Zebra-Batterien der MES-DEA, bereits erfolgreich eingesetzte Technik bietet auch ein beachtliches Potenzial für den Wärmeschutz in Gebäuden.



Vakuum-Isolations-Platten (VIP) bestehen aus einem Kernmaterial und einer umhüllenden Folie, die gasdicht verschweisst ist. (Bilder: ZZ Wancor)



Wärmedämmung auf der Innenseite eines Gebäudes ohne substanziellen Platzverlust dank VIP-Isolierung.

Moderne Standards der Gebäude mit vermindertem Energiebedarf (Minergie, Passiv-Haus usw.) verlangen Wärmedurchgangszahlen (U-Werte) von 0,1 – 0,15 W/(m²K). Dieser Zielwert wird durch VIP (mit einer Wärmeleitfähigkeit von 0,006 W/mK) und einer Plattendicke von nur 40 mm erreicht. Dieses Mass entspricht rund 1/7 der konventionellen Isolationsdicke für diese modernen Baustandards.

Neue Möglichkeiten bei der Gebäudesanierung

Bei Gebäudesanierungen, bei welchen man aus ästhetischen oder technischen Gründen keine Aussendämmung anbringen kann, ermöglicht die dünne VIP eine Raum sparende Lösung auf der Innenseite des Gebäudes. Von Bedeutung kann diese Isolations-

schlagen werden und erfordern sorgfältiges Handling bei der Montage. Es bedarf hierbei einer differenzierten Betrachtung der Baustellensituation und der Produktion vorgefertigter Bauteile. Während auf der Baustelle der Schutz durch das Einschäumen in einen dünnen Kunststoffmantel (z.B. Polystyrol) notwendig ist, können bei der Werksmontage von Wänden, Türen, Rollladenkästen, Fenstern usw. im Produktionsbetrieb ungeschützte und zum Teil speziell geformte Platten eingesetzt werden. Es wurden bisher auch Versuche mit hinter Glas geschützten VIPs gemacht.

Phänomenale Materialien im Einsatz

Bis heute werden als Kernmaterial pyrogene, hochdisperse Kieselsäure und Aerogele verwendet, da sie dank ihrer mikroporösen



Sanierung einer Dachterrasse mit VIP

technik auch bei Neubauten (z.B. Mehrfamilienhäusern) sein, wo es um eine maximale Nutzung der zur Verfügung stehenden Bodenfläche geht. VIP werden auch als Ersatz von Kork- und anderen dünnen Materialien eingesetzt und ergeben dabei eine verbesserte Wärmedämmung.

Die Platten dürfen – wegen des bestehenden Vakuums im Innern – weder zugeschnitten noch durchbohrt oder durch-

Struktur eine minimale thermische Leitfähigkeit aufweisen. Aerogele – der Name suggeriert es – sind extrem poröse und daher leichte Werkstoffe, die nur zu wenigen Prozenten aus festem Material bestehen, 90% besteht aus Luft, umgeben beispielsweise von einer porösen Siliziumdioxid-Struktur. Hergestellt werden sie aus Metalloxid, Polymeren, Kohlenstoff oder anderen Materialien. Aerogel besteht aus 1 – 10 nm grossen Partikeln, die aneinan-

Isoliertechnik als IEA-Projekt

Die Hochleistungs-Wärmedämmtechnik weist beachtliche Chancen auf und verspricht wesentliche Energiespareffekte im Gebäudebereich. Daher hat das Programm „Energy Conservation in Buildings and Community Systems“ der Internationalen Energie-Agentur IEA sich entschieden, ein Forschungs- und Entwicklungsprogramm zum Thema „High Performance Thermal Insulation Materials“ (HiPTI) zu starten (Annex 39). Die Aktivitäten umfassen folgende Gebiete:

- Vernetzung der Experten aus Forschung, Entwicklung und Planung
- Grundlagenstudium im Bereich der eingesetzten Materialien
- Unterstützung der Unternehmen bei der Entwicklung von HiPTI-Systemen
- Untersuchungen zu Wirtschaftlichkeit, Lebensdauer und Recycling von VIP-Elementen
- Entwicklung sowohl von Isoliermaterial als auch isolierten Baukomponenten mit einer Wärmeleitfähigkeit kleiner als 0,015 W/mK.

Internet-Link für Projekt-Informationen beim Programmleiter an der EMPA:

www.empa.ch/zen

der hängen und Ketten bilden; der Oberflächenkennwert reicht bis 800 m²/g, die Partikeldichte liegt bei 120 kg/m³, als Bulk 80 kg/m³. Pyrogene Kieselsäure wird aus Sand hergestellt und während eines Verbrennungsprozesses vom Molekül zum Agglomerat geformt.

VIP im Praxistest

Das BFE hat das VIP-Projekt mit dem Schwerpunkt der Praxiserprobung unterstützt, wodurch erste Erfahrungen im Bereich der Gebäudehülle und der Haustechnik gewonnen werden konnten. Die beachtliche Dämmfähigkeit von Hochleistungs-Isolierungsmaterial wirft neue bauphysikalische und -technische Fragen auf, die man nun durch eine internationale Zusammenarbeit beantworten will.

Neue Reaktorkonzepte mit passiven Sicherheitssystemen

Tests in der Panda-Versuchsanlage des PSI
tragen zur Erhöhung der Sicherheitsstandards bei

Jörg Dreier

Paul Scherrer Institut
Labor für Thermo-
hydraulik
CH-5232 Villigen

Wolfgang Kröger

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

Christophe de Reyff

BFE-Bereichsleiter
Kernenergie

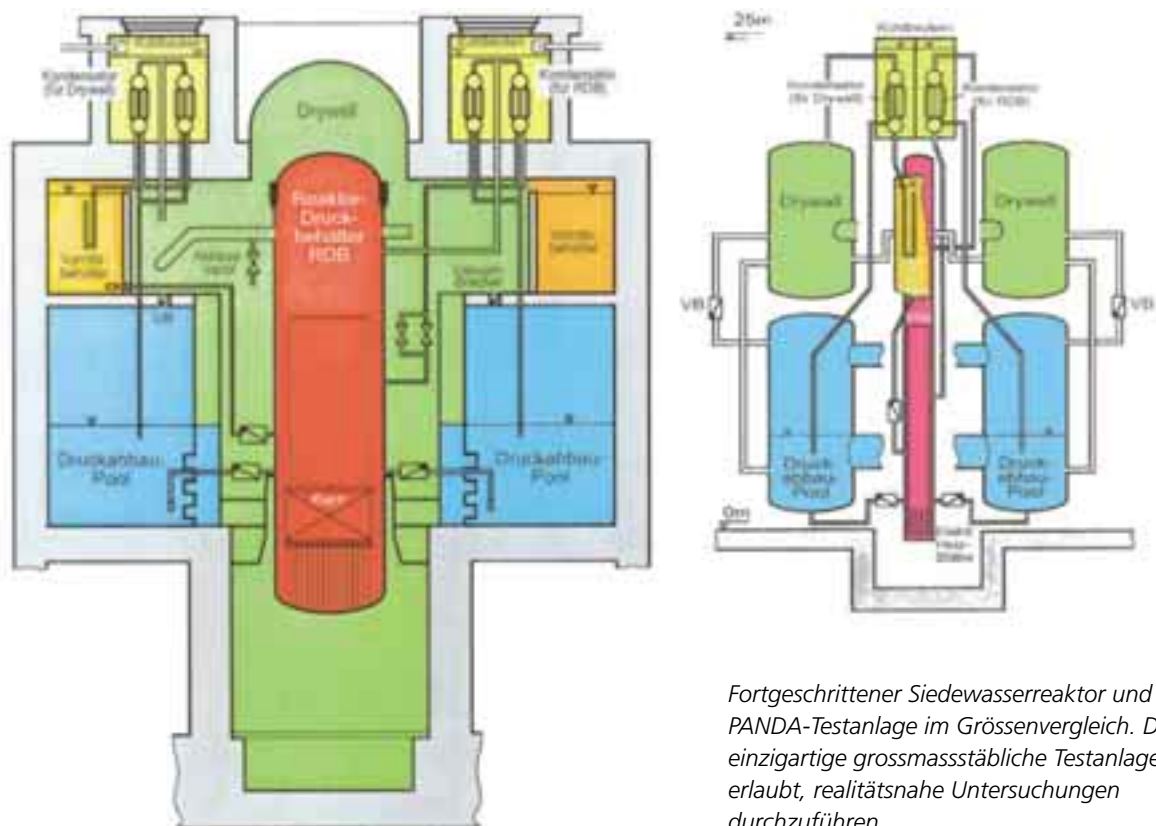
Ein Schwergewicht der Nuklearforschung am Paul Scherrer Institut (PSI) in Villigen liegt auf der Reaktorsicherheit. Neue, fortschrittliche Leichtwasserreaktorkonzepte nutzen – zur weiteren Erhöhung des Sicherheitsstandards und zur Kostenreduktion durch Anlagenvereinfachungen – verstärkt passive Sicherheitssysteme. Solche Konzepte haben u.a. General Electric (ESBWR), Westinghouse (EPP) und Siemens (SWR1000) für den europäischen Markt entwickelt. Seit mehreren Jahren läuft das entsprechende ALPHA-Programm, welches das passive Abführen der Nachzerfallswärme bei verschiedenen Vorschlägen für fortschrittliche Leichtwasserreaktoren untersucht. Zentrales Element ist dabei die ab 1993 auf dem PSI-Gelände erbaute einzigartige Versuchsanlage PANDA.

Passive Systeme sind unabhängig von externer Energie

Im Fall eines Kühlmittelverlusts im Reaktor eines Kernkraftwerks treten Notkühlsysteme in Aktion. Das Abführen der nach der Reaktorabschaltung anfallenden Nachzerfallswärme hat eine Schlüsselfunktion im gesamten Sicherheitsdispositiv. Neben den redundanten, sog. aktiven Systemen, die von aussen gesteuert und mit Energie versorgt werden, spielen bei den fortgeschrittenen Anlagenkonzepten auch passive, also von externer Energie unabhängige Sicherheitssysteme, eine entscheidende Rolle. Deren Funktion basiert z.B. auf Gravitation und natürlicher Konvektion. Dazu zählt auch das Konzept des passiven Abführens der Nachzerfallswärme, sowohl aus



Gesamtansicht der PANDA-Behälter während der Bau-phase.



Fortgeschrittener Siedewasserreaktor und PANDA-Testanlage im Grössenvergleich. Die einzigartige grossmassstäbliche Testanlage erlaubt, realitätsnahe Untersuchungen durchzuführen.

Internet-Links

Paul Scherrer
Institut: Bereich
Nukleare Energie,
Sicherheit
www.psi.ch

dem Reaktordruck- als auch aus dem ihn umgebenden Sicherheitsbehälter, also die passive Containment-Kühlung. Im Gegensatz zu heutigen Reaktoren werden solche Konzepte so ausgelegt, dass die Zeit zwischen dem Auftreten einer kritischen Situation und der Notwendigkeit menschlichen Eingreifens (sog. Karenzzeit) 1 bis 3 Tage beträgt.

Ziel der Untersuchungen am PSI war das Simulieren des dynamischen Verhaltens von solchen passiven Systemen und die detaillierte Analyse der dabei ablaufenden Hauptphänomene. Die grossmassstäblichen thermo-hydraulischen Untersuchungen in der PANDA-Anlage liefern einerseits den experimentellen Nachweis der Funktionstüchtigkeit solcher Konzepte und andererseits die notwendige Datenbasis für die Validierung von Rechenprogrammen für die Reaktorsicherheitsanalyse.

Experimente führen zu wesentlichen Entwicklungsschritten

Die seit 1995 durchgeführten Tests mit der PANDA-Anlage sollten zunächst nur bestätigende Informationen für die Zertifizierung von fortschrittlichen Siedewasserreaktoren liefern, schliesslich resultierten jedoch massgebliche Entwicklungsschritte aus diesen Untersuchungen. Und die Tests werden für die Zertifizierung fortgeschrittener Konzepte verwendet. Die PANDA-Anlage gestaltete man als thermo-hydraulisches Modell eines fortgeschrittenen Siedewasserreaktorkonzepts, wobei bezüglich des ersten untersuchten passiven Konzepts Leistung, Volumen, Durchflüsse usw. im Massstab 1:25 gewählt wurden; Bauhöhe, Zeitabläufe, Drücke und Druckabfall in 1:1-Version (d.h. prototypisch). Mit dieser Anlage können insbesondere wichtige mehrdimensionale Effekte untersucht werden, da die Hauptvolumina des Containments durch jeweils zwei grosse miteinander verbundene Behälter simuliert werden. Dadurch lassen sich die komplexen Misch-

Prozessvisualisierung und Bedienungsoberfläche für die PANDA-Anlage.



Stratifizierungs- und Zirkulationsphänomene im Containment reproduzieren und analysieren.

Modularer Aufbau, umfassende Verrohrung sowie eine Standardinstrumentierung mit rund 640 Messstellen für Temperatur (440), Druck, Stofffluss, Gaskonzentration usw. erlauben eine optimale Erfassung der Simulation unterschiedlicher Störfallbedingungen. Dabei werden Basissituationen und das Repetierverhalten getestet, asymmetrische Tests mit einseitiger Dampfeinspeisung durchgeführt sowie das Startverhalten unter Extrembedingungen und der Parallelbetrieb mehrerer Komponenten des passiven Abführsystems der Nachzerfallswärme untersucht.

Bei den bis heute durchgeführten Systemuntersuchungen konnte das vorteilhafte Verhalten verschiedener passiver Sicherheitskonzepte experimentell grossmassstäblich nachgewiesen werden. Die untersuchten Systeme erwiesen sich dabei unter den verschiedensten Bedingungen als sehr robust und leistungsfähig.

Wärmetauscher als zentrales Element der Wärmeabfuhr

Eine wichtige Rolle bei der passiven Containment-Kühlung kommt den konzept-

spezifischen Wärmetauschern und deren Verhalten während eines Störfalls zu. Ihre Leistungsfähigkeit hat einen entscheidenden Einfluss auf die Effizienz der passiven Kühlsysteme und beeinflusst damit massgeblich den Druckverlauf im Sicherheitsbehälter. Darum werden Untersuchungen mit speziell ungünstigen Randbedingungen für die Wärmetauscher durchgeführt, wie z.B. die Leistungsfähigkeit bei untypisch niedrigem Wasserniveau für Wärmetauscher, die in Wasservorlagen ausserhalb des Containments eingetaucht sind.

Als alternatives passives Konzept wurde der sog. Gebäudekondensator untersucht, der im Containment platziert ist und die Nachzerfallswärme über einen natürlichen Zirkulationskreislauf in eine Wasservorlage ausserhalb des Containments abführt. Neben dem Einfluss der Containment-Atmosphäre spielt auch das transiente Verhalten des Naturzirkulationskreislaufs während einem Störfall eine entscheidende Rolle auf die Leistungsfähigkeit des Wärmetauschers.

Entwicklungsimpulse durch die Untersuchungen der passiven Systeme

Mit diesen PANDA-Untersuchungen war es möglich, wesentliche Impulse für die genauere Dimensionierung, Verbesserung

und Weiterentwicklung der passiven Sicherheitssysteme, beispielsweise die langfristige Kühlung des Containments von Leichtwasserreaktoren, zu geben. Die Phase 1 umfasste eine Experimentserie mit zehn Systemtests und konnte 1995 abgeschlossen werden; die Phase 2 wurde im Rahmen von Projekten des 4. EU-Forschungsprogramms durchgeführt, befasste sich mit zwei auf Europa ausgerichteten fortgeschrittenen Reaktorkonzepten und dauerte bis 1998. Die Testanlagen hatten hierbei eine zentrale Bedeutung und bestätigten die führende Rolle des Paul Scherrer Instituts. Bis 2003 läuft nun im Rahmen des 5. EU-Forschungsprogramms die Phase 3 des ALPHA-Programms, die sich u.a. im Detail mit mehrdimensionalen Effekten im Containment von fortgeschrittenen Reaktoren und den entsprechenden Rechenwerkzeugen für die Sicherheitsanalyse befasst. Anfang 2001 wurde PANDA von der Nuclear Energy Agency der OECD als zu erhaltende, im Rahmen internationaler Projekte von OECD-Mitgliedstaaten hälftig zu finanzierende Testanlage aufgenommen.

Viel Aerosolablagerung vermindert die Wärmeübertragung

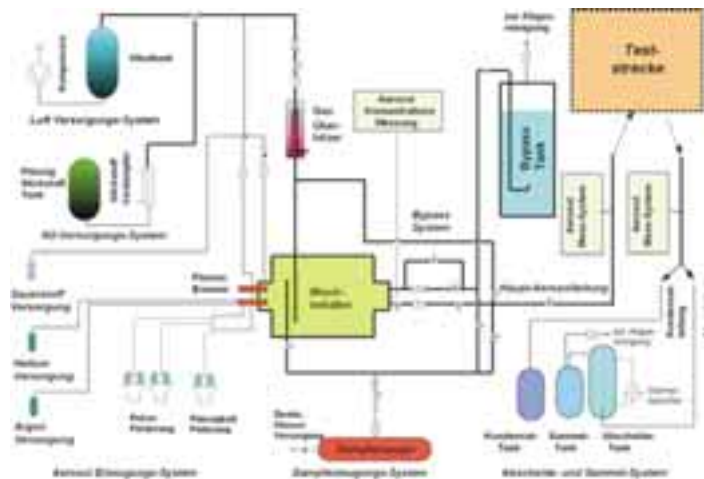
Ergänzend zum ALPHA-Projekt wurden spezifische Probleme, wie z.B. das Verhalten von passiven Containmentkühlern bei einem Kernschmelzunfall mit umfangrei-

Aerosolablagerungen auf dem Wärmetauschermodell.



chem gas- und aerosolförmigem Ausstoss im Projekt CONGA untersucht, welches fünf Partner zwischen 1997 und 1999 im Rahmen des 4. EU-Forschungsprogramms realisiert hatten. Im Mittelpunkt standen Tests an Wärmetauschern mit dünnen Rippen, die im Innern des Sicherheitsbehälters positioniert sind und als Element der passiven Wärmeabfuhr wirken.

Mit fünf Arbeitspaketen konnten die theoretischen und experimentellen Untersuchungen durchgeführt werden, wobei man Druck- und Siedewasserreaktorentypen zugrunde legte. Das CONGA-Projekt hat massgeblich zum Verständnis des Zusammenwirkens von Aerosolablagerungen auf den Wärmetauschern und deren Abfuhreigenschaften der Nachzerfallswärme beigetragen. Es konnten ferner Potenziale für Weiterentwicklungen erkannt werden, wie beispielsweise aufgrund der markanten Unterschiede der Wärmeübertragungsreduktion durch Ablagerungen bei den beiden unterschiedlichen Bauweisen der untersuchten Wärmetauscher.



Die weltweit einzigartige DRAGON-Anlage kann Aerosole unter Bedingungen erzeugen, die typisch sind für schwere Unfälle.

In der PANDA-Anlage untersuchte Wärmetauscher vor der Montage in den Wasser-vorlagen.

Die Tests wurden in der DRAGON-Anlage beim PSI durchgeführt. Zum Einsatz gelangten unterschiedliche Kombinationen von löslichen und unlöslichen Aerosolmaterialien, die von einem Gasgemisch aus Dampf und Stickstoff transportiert wurden. Im Testbehälter CESANE kamen Wärmetauschermodelle mit fünf Wärmetauscherrohren mit Kupferrippen zum Einsatz.

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

Energieforschung allgemein

Recherche énergétique, Energie-Forschung 2000

Rapports de synthèse, Überichtsberichte; von chefs de programme und Programmleiter; BFE; 02-2001; DE/FR; F&E; SFr. – Nr. 210030

ENET-NEWS Nr. 47 deutsch

ENET; 03-2001; DE; 44 S.; SFr. – Nr. 210033

ENET-NEWS NEWS Nr. 47 französisch

ENET; 03-2001; FR; 44 S.; SFr. – Nr. 210034

Biomasse

Prozessverhalten von in der Schweiz eingesetzten MSW-Gärsystemen unter dem Einfluss steigender Anteile an Küchenabfällen – Teil II

Schlussbericht; Wellinger A.; Schober G.; Eidg. Forschungsanstalt (FAT); 12-2000; DE; 39 S.; F&E; SFr. 20.00
 Nr. 200187

Co-Vergärungsanlagen Machbarkeitsstudien auf Kläranlagen Adelboden und Arbon

Schlussbericht; Engeli H.; Kobel B.; Engeli Engineering; 11-2000; DE; 99 S.; P&D; SFr. 40.00
 Nr. 200188

Co-Vergärungsanlagen Machbarkeitsstudien auf Kläranlagen Adelboden und Arbon

Zusammenfassung Schlussbericht; Engeli H.; Kobel B.; Engeli Engineering; 11-2000; DE; 12 S.; P&D; SFr. 15.00
 Nr. 200189

Energetische Nutzung von Biomasse, zweite Umsetzungsphase zur thermischen Nutzung von Hofdüngerbrennstoffen

Schlussbericht; Hersener J.-L.; Bühler R.; Umwelt und Energie; 12-2000; DE; 66 S.; F&E; SFr. 30.00
 Nr. 200190

Rationelle Energieanwendung in der Landwirtschaft (REAL):

Berücksichtigung vermehrten Einsatzes erneuerbarer Energieträger
 Schlussbericht; Hersener J.-L.; Meier U.; 12-2000; DE; 30 S.; F&E; SFr. 15.00
 Nr. 200191

Biogas-Kleinanlage für den dezentralen Einsatz

Bericht; SSES regi Züri; Projektteam Biogas; 11-2000; DE; 6 S.; P&D; SFr. 15.00
 Nr. 200197

SA Compost Chablais-Riviera, Installation de Biomethanisation et de compostage, Descriptif de fonctionnement

Zusammenfassung; Alpha Technique de l'Environnement S.A.; Hôtel de Ville; 11-2000; FR; 13 S.; P&D; SFr. 15.00
 Nr. 200198

Vergärung organischer Reststoffe in landwirtschaftlichen Biogasanlagen:

Stoffdaten, Gärtechnik und gesetzliche Grundlagen
 FAT-Berichte Nr. 546; Baserga U.; Eidg. Forschungsanstalt (FAT); 11-2000; DE; 12 S.; F&E; SFr. 15.00
 Nr. 200199

Bericht über das Deponiegaskraftwerk Liesberg (BL) der Elektra Birseck Münchenstein nach einem Jahr

Bericht; Elektra Birseck (EBM); 07-1996; DE; 13 S.; F&E; SFr. 15.00
 Nr. 200203

Kontinuierliche Biogaserzeugung aus Festmist

Pilotanlage von J. Oppliger in Le Cerneux-Veruil
 Semesterarbeit; Meister, A.; Oppliger Jean; 11-1993; DE; 64 S.; F&E; SFr. 30.00
 Nr. 200204

Suivi technique pour le module Biogaz discontinu

Rapport; Membrez Y.; ADER Association pour le Développement des Énergies Renouvelables; 10-1996; FR; 23 S.; F&E; SFr. 15.00
 Nr. 200205

Module biogaz discontinu installé chez Monsieur Chevalley

Rapport; ADER Association pour le Développement des Énergies Renouvelables; 09-1997; FR; 6 S.; F&E; SFr. – Nr. 200206

Ökologischer, energetischer und ökonomischer Vergleich von Vergärung, Kompostierung und Verbrennung fester biogener Abfallstoffe

Studie; Edelmann W.; Schleiss K.; Arbi Bioenergie GmbH; 02-2001; DE; 118 S.; F&E; SFr. 50.00
 Nr. 210031

Biogene Güter in der Schweiz: Massen- und Energieflüsse

Schlussbericht; Scheurer, K.; Baier, U.; Hochschule Wädenswil; 02-2001; DE; 52 S.; P&D; SFr. 30.00
 Nr. 210036

Brennstoffzellen mit Wasserstoff

Die Brennstoffzellen-Technologie in der Schweiz

Übersichtsbericht; Nieba, L.; Tauer, A.; TEMAS AG; 04-2001; DE; 8 S.; F&E; SFr. – Nr. 210037

Verkehr Leichtmobile

TIWIKE Kompetenzzentrum Region Bern - eine Anleitung für Anbieter

Erfahrungs- und Schlussbericht; Schnyder M.; BFE; 02-2001; DE; 10 S.; P&D; SFr. – Nr. 210039

Chemische Speicherung

Materialien für nachhaltige Technologien in der Energieumwandlung und Energieeinsparung

A. Schichten und Schichtsysteme für solare Energiesysteme
 B. Thermische Verluste durch Wärmebrücken in Gebäuden

Peter Oelhafen P.; Geng J.; Cheng Ho S.; Reber G.; Schüler A.; Steiner R.; Institut für Physik der Universität Basel; 12-2000; DE; 28 S.; F&E; SFr. 15.00
 Nr. 200196

Elektrizität

Machbarkeitsstudie Datenerhebung im Programm „Elektrizität“

Verbrauchergruppen: Beleuchtung, Haustechnik, Mobilität, gewerbliche Anwendungen, diverse Spezialanwendungen
 Zusammenfassung; Nipkow J.; Brunner C.U.; Gasser St.; Glauser H.; Gloor R.; Lingenhel St.; Steinemann U.; BFE; 12-2000; DE; 53 S.; P&D; SFr. 30.00
 Nr. 200208

Machbarkeitsstudie Datenerhebung im Elektrizitätsbereich

Bereich Haushaltgeräte, Bereich Unterhaltungselektronik, Bereich Büro- und Kommunikationsgeräte, Bereich Industrie
 Zusammenfassung; Huser A.; Schaltegger B.; Baumgartner W.; BFE; 01-2001; DE; 100 S.; P&D; SFr. 40.00
 Nr. 210038

EWG (Energiewirtschaftliche Grundlagen)

Schweizerische Statistik der erneuerbaren Energien 1999

Schlussbericht; Kaufmann U.; BFE; 12-2000; DE; 77 S.; F&E; SFr. 30.00
Nr. 200210

Facility Management und Energieeffizienz: Analyse und Handlungsempfehlungen

Schlussbericht; Staub P.; Weibel K.; Zaugg T.; Lang R.; Frei Ch.; Pom + Consulting AG; 01-2001; DE; 95 S.; F&E; SFr. 40.00
Nr. 210032

Feuerung und Verbrennung

Numerische Untersuchung von laminaren Methan/Luft-Vormischflammen

Technische Mitteilung; Witt M.; Griebel P.; Paul Scherrer Institut (PSI); 12-2000; DE; 26 S.; F&E; SFr. 15.00
Nr. 200202

Solarwärme

Solaire actif, Chaleur, Solarwärme: Synthèse et rapport annuel des mandataires

Rapport annuel; Hadorn J.-Ch.; BFE; 12-2000; DE/FR; 79 S.; F&E; SFr. 40.00
Nr. 200209

Thermische Speicherung

RENOVA: Installation solaire active avec injection de chaleur en sous-sol

Rapport final; Lachal B.; Soutter C.; Pampaloni E.; Centre universitaire d'étude des problèmes de l'énergie; 12-2000; FR; 55 S.; F&E; SFr. 30.00
Nr. 200192

Energiepfähle: Anwendung am Beispiel Dock Midfield

Bericht; Hubbuch M.; ARGE ZAYETTA; 06-2000; DE; 3 S.; F&E; SFr. –
Nr. 200200

Wind

Sites Eoliens dans le canton de Neuchâtel

Rapport final; Hopkins W.; Renewable Energy Systems Ltd.; 11-2000; FR; 80 S. + Pläne A3; F&E; SFr. 50.00
Nr. 200193

Sites Eoliens dans le canton de Neuchâtel

Rapport final; Hopkins W.; Ecole Technologie; 12-2000; FR; 80 S. + Pläne A3; F&E; SFr. 50.00
Nr. 200194

Kennzeichnung von Elektrizität

Dettli, R.; Markard, J.; Econcept AG; 01-2001; DE; 74 S.; F&E; SFr. 30.00
Nr. 210035

Photovoltaik

Monitoring PV-Anlage UBS Suglio/Lugano

Schlussbericht DIS 23844/63884; Kröni R.; Burà E.; BFE; 12-2000; DE; 76 S.; P&D; SFr. 30.00
Nr. 200211

Technologie-Transfer / Systeme

Forschung, Entwicklung und Demonstration im Bereich der Energie in der Schweiz

Liste der Projekte 1998/1999; BFE; 11-2000; DE; 58 S.; F&E; SFr. –
Nr. 200186

Sommersonne für den Winter speichern – ein Traum?

Saisonale Speicherung im Erdboden zur Wärmeversorgung von Siedlungen
Bericht; Hartmann, P.; Jüzi H.; et al.; Zürcher Hochschule Winterthur; 04-2000; DE; 5 S.; F&E; SFr. –
Nr. 200201

Stockage de chaleur, Wärmespeicherung: Synthèse et rapport annuel des mandataires

Rapport annuel; Hadorn J.-Ch.; BFE; 12-2000; DE/FR; 85 S.; F&E; SFr. 40.00
Nr. 200207

Sites Eoliens dans le canton de Neuchâtel – Volume II

Rapport final + Rapport paysage; Ecole Technologie; 11-2000; FR; 80 S. + Pläne A3 / 25 S. + Pläne A3; F&E; SFr. 80.00
Nr. 200195

Veranstaltungen

	Veranstaltung
Juni	
20.	Seminar: Wärmepumpenheizung für Niedrigenergiehäuser Fachhochschule beider Basel FHBB www.fhbb.ch/weiterbildung
28.–29.	Greenpower Marketing Europäische Konferenz in St. Moritz www.greenpowermarketing.org
Juli	
2.–6.	European Fuel Cell Forum Kultur- und Kongresszentrum Luzern www.efcf.com
September	
20.	Cycle d'études postgrades en énergie EPFL http://postgrade-energie.epfl.ch

Oktober	
3.–4.	Sonnenenergie und Bauwesen Internationale Konferenz an der ETH Lausanne http://lesowwww.epfl.ch
5.	Tagung der Schweiz. Vereinigung für Verbrennungsforschung (SVV) Fachhochschule Brugg-Windisch www.svv.ethz.ch
18.–20.	Ausstellung: Erneuerbare Energien Giubiasco Informationen: claudiocaccia@bluewin.ch
25.–27.	EXPO: Holz und Sonne, Wärmepumpen 1. Schweizer Messe für erneuerbare Energien Messe Zürich
November	
8.–11.	3. Schweizer Hausbau- und Minergie-Messe BEA bern expo www.hausbaumesse.ch

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

ENET

Egnacherstrasse 69 • CH-9320 Arbon
Tel. 071 440 02 55 • Tel. 021 312 05 55
Fax 071 440 02 56
enet@temas.ch • www.energieforschung.ch

