

Juli 2002

ENET NEWS

Informationen zur Energieforschung



Biomasse
Solar trocknen spart Öl

Windenergie
Es dreht sich um Standorte

Gebäude
Sonne und Holz

www.energieforschung.ch

 **energie**schweiz

BFE

Energie-Forschung 2001	3
Geprüft und bereinigt	4

CORE

Energiebewusstsein ist vorhanden	5
--	---

ENET

Nanotechnologien im Energiebereich	7
--	---

Energiewirtschaftliche Grundlagen

Vermitteln statt verzagen	9
NewRide fördert Elektro-Bikes	10

Biomasse

Solar trocknen spart Öl	11
-------------------------------	----

Holz

Holzpellets unter der Lupe	12
----------------------------------	----

Solarwärme

Im Untergrund speichern	14
-------------------------------	----

**Photovoltaik**

Rückblick – Einblick – Ausblick	15
Bereits mehr als 10 GWh im Jahr	15

Solarchemie

Sonnenenergie ist wandelbar	16
SolarPACES in Zürich	16

Technologie-Transfer

Kompetenz beim Forschungsmanagement	17
--	----

Veranstaltungen	17
------------------------------	----

**Windenergie**

Es dreht sich um Standorte	18
Juvent hat die Stärksten	20
Höher dreht noch keine	22
Leistung wächst quadratisch	24

Kleinwasserkraftwerke

ISKB für EMG	27
Revita: Cormoret liefert wieder Strom	28

Brennstoffzellen

PowerPac ist mobil	29
--------------------------	----

Gebäude

Sonne und Holz	30
----------------------	----



In der Wand Wärme speichern	31
-----------------------------------	----

Umgebungswärme

Dynamisch testen	32
------------------------	----

Kernenergie

Realitätsnahe Forschung im PROTEUS	34
--	----

Neue Publikationen	36
---------------------------------	----

Impressum

ENET-NEWS
Informationen zur Energieforschung

Juli 2002 / Nr. 52

Erscheinungsweise: vierteljährlich in
deutscher und französischer Version

Herausgeber
Bundesamt für Energie BFE
Worblentalstrasse 32
CH-3063 Ittigen

Postadresse
Postfach
CH-3003 Bern

Redaktion
ENET Kommunikation
Jürg Wellstein
Parkstrasse 15
CH-4106 Therwil

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

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

Nachdruck nur mit Quellenangabe.

Papier chlorfrei gebleicht
Gedruckt in der Schweiz.

Titelfoto

Die weltweit höchst gelegene Windkraftanlage der 800-kW-Klasse wurde vor kurzem auf dem Gütsch montiert. Das Bundesamt für Energie (BFE) unterstützt dieses Pilot- und Demonstrationsobjekt, um Erfahrungen der Windenergienutzung im alpinen Raum zu sammeln.

Aufwind für den Export

Die Zahl der Windturbinen hat weltweit erneut zugenommen und macht aus dieser Energieform einen ernst zu nehmenden „Player“. Technologische Fortschritte und günstige wirtschaftliche Rahmenbedingungen haben dazu beigetragen. Man kämpft nicht mehr gegen die Windmühlen nach Don-Quichote-Manier, sondern blickt vorwärts und entdeckt beachtliche Potenziale, die eine CO₂-freie Stromproduktion ermöglichen.

Die Windkraftnutzung in der Schweiz hat vergleichsweise wenig Zuwachs erhalten, doch der politische Wille wurde inzwischen sowohl durch das Elektrizitätsmarktgesetz (EMG) als auch durch die klar formulierte Zielvorgabe des UVEK bestätigt. Das Gesetz bietet der Windenergie neue Chancen dank freier Durchleitung und fixierter Einspeisevergütung für Strom aus erneuerbarer Energien; das mittelfristig quantifizierte, erreichbare Ziel der drei involvierten Bundesämter (ARE, BFE und BUWAL) übt einen gewissen Realisierungsdruck aus, der die verschiedenen Parteien, Befürworter und Opposition, an einen runden Tisch führen wird. Denn nur durch sinnvolle, optimierte Lösungen von Standorten, Anlagengrössen, Technologie und Infrastrukturmassnahmen sind nachhaltige Beiträge an die Energieversorgung unseres Landes möglich. Alle müssen in diese Umsetzungsstrategie involviert werden.

Zum einen sprechen wir von der aktiven Nutzung der Windenergie in unserem Land, zum andern sehe ich jedoch einen möglicherweise noch wichtigeren Aspekt, nämlich den wirtschaftlichen Nutzen, der durch Dienstleistungen und Produkte für Windenergieprojekte generiert werden kann. Wir haben erfolgreich Schiffsmotoren gebaut, ohne eine typische Seefahrtsnation zu sein; wir haben Textilmaschinen weltweit exportiert, ohne in eigenen Baumwollfelder zu ernten; wir werden deshalb auch an der Entwicklung und dem Bau von Windanlagen partizipieren, ohne dass bei uns dauernd der Sturmwind bläst. Mit dem entsprechenden Know-how, den industriellen Erfahrungen und der Bereitschaft, auf die weltweit unterschiedlichen Anforderungen einzugehen ist ein wachsender Export möglich. Parallel dazu wird es wichtig sein, geeignete Forschungsaufgaben und -studien gebührend zu unterstützen und dadurch Kompetenz zu schaffen. Wind hat Zukunft, vor allem wenn wir auf der Grundlage eines angemessenen Heimmarktes die traditionellen Vorteile unserer Industrie nutzen, die seit langem erfolgreich auf dem internationalen Parkett tätig ist.

Walter Schmied

Nationalrat, Präsident von Suisse Eole

BFE

Energieforschung 2001

Für die Umsetzung des Energieforschungskonzepts des Bundes ist das Bundesamt für Energie (BFE) zuständig. Mit Fördermitteln, die subsidiär zu den Anstrengungen der privaten und öffentlichen Forschungsstellen eingesetzt werden, unterstützt das BFE die Forschung, Entwicklung und Demonstration im Energiebereich. Die Einführung reifer Technologien wird im Programm EnergieSchweiz gefördert.

In der neuen Publikation „Energieforschung 2001“ sind in 18 Überblicksberichten der Leiter der Energieforschungsprogramme die Fortschritte in 208 Forschungsprojekten und bei 142 Pilot- und Demonstrationsanlagen beschrieben.

Im Bereich der erneuerbaren Energien sind beispielsweise Schweizer Integrations- und Befestigungssysteme für Photovoltaik-Module zu nennen, die heute europaweit eingesetzt werden. Oder die erste Holzvergasungsanlage, die vor einiger Zeit erfolgreich in Betrieb genommen wurde, und die Fortschritte bei der Entwicklung von neuartigen Wärmepumpen für den Sanierungsmarkt. Eine rationellere Energienutzung wird sowohl im Gebäudebereich als auch bei elektrischen Antrieben und in der Mobilität angestrebt. Mit der Unterstützung von Projekten zur Entwicklung hochwertiger Wärmedämmstoffe, von Personenwagen mit Brennstoffzellen-Antrieben und zur Untersuchung des Potenzials zur Energiereduktion bei elektrischen Antrieben wird dieses Ziel konsequent verfolgt.

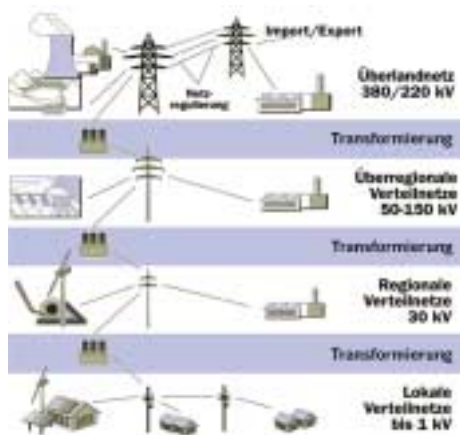
Energieforschung 2001:
www.energie-schweiz.ch (Forschung)
www.energieforschung.ch
 (Publikationen)



Geprüft und bereinigt

Dank Elektrizitätsmarktgesetz und -verordnung eine geordnete und faire Öffnung des Strommarktes

Die Elektrizitätsmarktverordnung (EMV) wird vom Bundesrat in Kraft gesetzt, falls das entsprechende Gesetz (EMG) in der Referendumsabstimmung vom 22. September 2002 angenommen wird. Die Verordnung wurde in der Vernehmlassung kontrovers diskutiert und aufgrund intensiver Gespräche mit den interessierten Kreisen im Frühjahr bereinigt. Der gefundene Konsens berücksichtigt verschiedene wesentliche Aspekte der Elektrizitätsversorgung. Diese soll weiterhin zuverlässig und erschwinglich, umweltschonend und sozialverträglich sein. Es sollen dabei keine gewagten Experimente stattfinden, sondern ein schrittweises Vorgehen durchgeführt werden.



Das Schweizer Stromnetz ist in vier Spannungsebenen und drei Transformationsstufen eingeteilt. In diesem Netz können die verschiedenen Stromproduktionsanlagen auf allen Ebenen einspeisen und Kunden beziehen auf verschiedenen Ebenen Strom.
(Grafik: VSE)

Transparenz offenbart die erreichte Effizienz

Die Verbraucherinteressen werden dadurch gewahrt, dass Netze und Produktionsanlagen effizient betrieben werden. Ein wichtiges Instrument ist der Effizienzvergleich. Dieses Benchmarking hilft den einzelnen Werken im Vergleich ihre Stärken und Schwächen zu erkennen und als permanente Anstrengung, mit systematischen Methoden Verbesserungen zu realisieren. Benchmarking ist demnach ein relevanter Lernprozess.

Bei Ineffizienz oder Preismissbrauch verfügt eine gegenüber dem ursprünglichen Verordnungsentwurf aufgewertete Schiedskommission korrigierende Massnahmen. Verschiedene Bestimmungen sorgen für Transparenz im Stromsektor, beispielsweise durch getrennte Rechnungsführung, womit man Quersubventionierungen verhindern kann, sowie Herkunftsbezeichnung und Erzeugungsart des Stroms. Ab Beginn der Marktöffnung kann Ökostrom folglich direkt an interessierte Endkonsumenten durchgeleitet werden. Dies geschieht in den ersten zehn Jahren gebührenfrei und fördert

Öffnung des Strommarktes

Die BFE-Tagung „Öffnung des Strommarktes – Beiträge der energiewirtschaftlichen Forschung“ vom 22. März 2002 in Zürich thematisierte den aktuellen Stand des Elektrizitätsmarktgesetzes und der -verordnung. Durchgeführte Studien beleuchten die relevanten Aspekte des Benchmarkings zur Kostenermittlung der Netze, zu den Grundsätzen der Netzbenutzungspreise, des scheinbaren Gegensatzes von Liberalisierung und Service Public sowie zu den Überlegungen zur Funktionsweise der Netzgesellschaft.

Die Tagungsvorträge sind unter dem Stichwort „Strommarkt“ zu finden:
www.ewg-bfe.ch

damit die Produktion aus erneuerbaren Energien, wie Wasserkraft in Kleinanlagen, Wind- und Photovoltaikanlagen.

Angepasste Regelung für mehr Nachhaltigkeit

Das EMG regelt vor allem dort, wo nach der Marktöffnung weiterhin Monopolverhältnisse herrschen: beim Netz. Es schafft Voraussetzungen für faire Bedingungen bei Zugang, Netzbenutzung und Vergütung im Übertragungs- und Verteilnetz. Es soll insgesamt die ökologische, ökonomische und soziale Nachhaltigkeit des Strommarktes berücksichtigen.

Fact Sheets zum EMG

Zur Information über das EMG bietet die Internetseite von EnergieSchweiz Fact Sheets an. Die Themen reichen von Ausführungen zum Service Public, über den Konsumentenschutz bis zu den Fragen der Förderung von Wasserkraft und anderen erneuerbaren Energien. Daneben werden auch Wirtschaftsaspekte und internationale Auswirkungen betrachtet. Ebenfalls behandelt werden Informationen zur europäischen Situation sowie ein Vergleich mit der kalifornischen Realität.

www.energie-schweiz.ch

Energiebewusstsein ist vorhanden

Erneuerbare Energien mit dezentralen Anlagen müssen in unserem kleinräumigen Land eine wichtige Rolle einnehmen

Die CORE (Commission fédérale pour la Recherche Énergétique) überwacht die grundlegenden Strategien der Energieforschung und erarbeitet Leitlinien für die Entscheidungsinstanzen des Bundes. Ernst Jakob, Vorsteher der Abteilung Energiewirtschaft des Berner Wasser- und Energiewirtschaftsamtes, ist innerhalb der CORE für die Betreuung der Forschungsprogramme Kleinwasserkraftwerke, Geothermie und Windenergie zuständig.

ENET-NEWS: Was sind die Gründe für den starken Aufwind, den die Windenergienutzung weltweit seit wenigen Jahren geniesst?

Ernst Jakob: Seit einiger Zeit nimmt man das beachtliche Potenzial dieser erneuerbaren Energie wahr, dies natürlich auch auf dem Hintergrund der weltweit erkennbaren Energieversorgungsprobleme und wichtiger technologischer Entwicklungen bei Windanlagen.

Wie beurteilen Sie die Windenergiesituation in der Schweiz?

Die Grundlagen der aktuellen Windenergienutzung sind weitgehend bekannt: Wir haben bereits erfolgreiche Anlagen, jedoch ist deren Zunahme keineswegs vergleichbar mit Ländern an Meeresküsten. Das Potenzial bei uns ist zwar beachtlich, der Beitrag an unsere Stromversorgung wird aber kaum je wesentlich mehr als 10 % ausmachen. Was vorläufig über die grosse Nachfrage an Ökostrom verkauft wird, dürfte langfristig auch auf dem konventionellen Markt konkurrenzfähig sein. Ich verspreche mir von der Energieforschung Konzepte für einen sauberen Einsatz dieser Anlagen in unserem dicht besiedelten Raum. Die Projektierung und Realisierung der Anlagen muss standardisiert werden – dies selbstverständlich unter Beachtung der ökologischen, ökonomischen und sozialen Anliegen.

Von Bedeutung scheint mir auch die Visualisierung der Energie in unserem kleinräumigen Land: Strommasten, Stau-mauern, Kernkraftwerke, Solarmodule auf Dächern usw. und auch Windkraftwerke fördern die Diskussion um Energiethemen. Dies ist beim Mitspracherecht unserer Bevölkerung bei Energieabstimmungen besonders wichtig. Günstig wirken sich die Aktionsprogramme des BFE aus, indem sie

„Problemlos wird die Energieversorgung nie sein, deshalb müssen wir das Geld dort einsetzen, wo es am nachhaltigsten wirkt.“

den Aufbau von Netzwerken, beispielsweise für erneuerbare Energien, gefördert haben und Kommunikation schaffen.

Wo sehen Sie besondere Chancen für den Einsatz von Windkraftanlagen in der Schweiz?

Zum einen sollen sie einen Beitrag zur Energieversorgung erbringen, sowohl am Stromnetz als auch in Inselanlagen. Zum andern ist die Windenergienutzung – wie kaum eine andere Technologie – dazu prädestiniert, ein traditionell schweizerisches Industriepotenzial zu nutzen, welches sich für den Export eignet. Da sehe ich sehr positive Auswirkungen sowohl für die Volkswirtschaft als auch für einen Heimmarkt.

Die CORE hat im Konzept 2000 – 2003 die Diskrepanz zwischen Windpotenzial und Realisierungsmöglichkeiten erwähnt. Hat sich bei dieser Beurteilung inzwischen etwas geändert?

Nein, die Lage hat sich kaum verändert. Zugleich darf man festhalten, dass bei neuen



Ernst Jakob: Eine gute Energiewirtschaft wirkt auch positiv auf die Industrie. Wir müssen beide nicht abgeschlossen auf die Schweiz, sondern im internationalen Umfeld sehen.

Technologien oft solche Spannungsfelder als Hindernisse zu beobachten sind und Rahmenbedingungen für die Einführung zunächst nicht ganz korrekt eingeschätzt werden. Gerade mit der Forschung müssen wir auf längerfristige Potenziale setzen, also solche, die zur Zeit noch wenig rentabel sind.

Bisher waren bescheidene Fördermittel nur für P&D-Projekte zur Verfügung gestellt worden. Nun hat das UVEK ein

friedigende Projekte realisieren. Daneben sind langfristige Entwicklungsaktivitäten zu unterstützen und die Forschungsrichtung aufgrund neuer Erkenntnisse immer wieder zu aktualisieren.

Wie erleben Sie die Diskussionen in der CORE um Prioritäten bei den verschiedenen Energieträgern?

Selbstverständlich kommen in dieser Kommission verschiedene Meinungen zum Ausdruck. Doch es herrscht eine konstruktive Zusammenarbeit mit dem Ziel einer angemessenen Beratung der Behörden. Allerdings werden wir wahrscheinlich vermehrt zu einer Konzentration auf Schlüsselaktivitäten tendieren und das begrenzte Geld dort einsetzen, wo am meisten bewegt werden kann. Ich erachte die Optimierung der drei Bereiche Energieträger, Produktion und Nutzung als elementare Aufgabe.

Wie beurteilen Sie die drei Energiequellen Wind, Wasser, Geothermie in Bezug zur künftigen Nutzung in der Schweiz?

Die erwähnte Optimierung gilt auch für diese drei Energiequellen, die in der Schweiz durch unterschiedliche Chancen, Gegebenheiten und Begrenzungen gekennzeichnet sind. Wir werden in Zukunft weiterhin beachtliche Mengen an Strom und Wärme brauchen, auch wenn beispielsweise im Gebäudebereich die Voraussetzungen gegeben sind, mit einem Bruchteil an Wärme auszukommen. Die Effizienzsteigerung bei der Stromnutzung ist ebenfalls erfolversprechend; der dann noch

benötigte Teil soll möglichst umwelt-schonend bereitgestellt werden. Hier hat der Wind einen bedeutenden Stellenwert.

Die Energieprobleme und die damit zusammenhängenden Umweltauswirkungen (z.B. CO₂-Emissionen) sind jedoch nur im internationalen Kontext befriedigend zu lösen. Darin liegt – neben den technologischen Fragestellungen – unsere wichtigste Herausforderung. Mit den Erfahrungen von nationalen und kantonalen Programmen, Netzwerken sowie Umsetzungsprojekten der Industrie können wir entsprechende Inputs in die weltweiten Diskussionen geben und damit auch davon profitieren.

CORE-Jahresbericht 2001

Als Vision hält die CORE an der Realisierung einer nachhaltigen Energieversorgung bis 2050 fest. Dazu gehören die verstärkte Nutzung inländischer Ressourcen und die Senkung der durch die Energieversorgung ausgelösten Stoffflüsse. Der Jahresbericht 2001 bietet einen Überblick über die Aktivitäten der Kommission und über ihre Einschätzung aktueller Entwicklungen im Energieforschungs- und -umsetzungsbereich.

www.energie-schweiz.ch (Forschung)

*Das Energiebewusstsein der Bevölkerung ist ausgeprägt; in der kleinräumigen Schweiz wird die Erzeugung in nächster Nähe visualisiert.
(Foto: Technocon AG)*



Nanotechnologien im Energiebereich

Neueste Forschungsergebnisse eröffnen umfangreiches Anwendungsspektrum

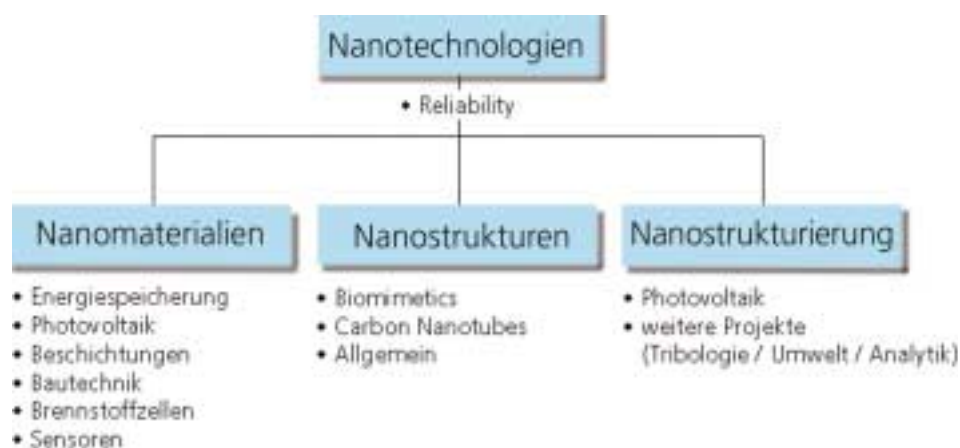
Marc Moeckli
Karl Höhener
 ENET Technologie-
 Transfer
 c/o TEMAS AG
 CH-9320 Arbon

Nanotechnologien orientieren sich an der belebten Natur, sie ist ihr Vorbild. Diese neuen Technologien unterstützen die nachhaltige Entwicklung auf vielen Gebieten wie: Erneuerbare Energien, Funktionalisierung von Oberflächen, Self-assembly zweidimensional und dreidimensionaler Strukturen, neue Materialien, Tribologie, Medizinaltechnik, Biologie, Informatik usw. Sie sind gekennzeichnet durch minimalen Materialeinsatz, geringen Energiebedarf und weitere nachhaltige Eigenschaften. Höhere thermische Wirkungsgrade, reduzierte Reibungsverluste, Solarzellen für Kunstlicht und mit verbesserten Wirkungsgraden für Tageslicht sind nur einzelne Funktionalitäten aus dem Energiebereich, zu denen Nanotechnologien heute substantielle Beiträge leisten.

Schutz von energieproduzierenden Systemen wie z.B. Gas-Turbinen. Durch die Verbesserung der Korrosions-, Reibungs- und Abnutzungseigenschaften von Maschinenteilen in verschiedensten mechatronischen Anwendungen können die, in der Regel in Verlusten resultierenden Reibungskräfte verringert werden.

Die Optimierung der Reibungseigenschaften von Materialien bietet ein grosses Potenzial, um Energieverluste zu vermin-

Anwendungsbereiche der verschiedenen Aspekte der Nanotechnologie.



Rationelle Energienutzung

In Bezug auf eine rationelle Nutzung von Primärenergien können heute mittels spezieller Beschichtungen mit Nanomaterialien höhere Wirkungsgrade erzielt werden, etwa durch einen verbesserten thermischen

dem. Da Reibungsphänomene durch die Oberflächeneigenschaften der in Kontakt stehenden Materialien bestimmt werden, sind sowohl Nanobeschichtungs- als auch Nanostrukturierungstechnologien für die Optimierung von Bedeutung. Fortschritte werden auch bei der theoretischen Modellierung von Reibungs- und Schmierungsvorgängen gemacht. So beschäftigt sich ein Projekt von TOP NANO 21 mit der Schmierwirkung von Proteinen, Fetten und anderen biologischen Bausteinen in wässrigen Lösungen. Mit den gewonnenen Erkenntnissen könnten bestehende indu-

Internet-Links

Das Technologie orientierte Programm
 TOP NANO 21 im Überblick
www.ethrat.ch/topnano21

ENET-Publikation Nr. 220026
www.energieforschung.ch

strielle Schmierprozesse neu durchdacht und evtl. durch umweltfreundlichere Alternativen ersetzt werden.

Energiespeicherung im Einsatz

Im Bereich der Stromspeicherung werden Nanopulver eingesetzt, die durch optimierte Partikelgrößen und spezielle elektrische Eigenschaften zu höheren Batteriespannungen und markant verkürzten Ladezeiten führen. Die feine Durchdringung von Medien mit Nanostrukturen wird zur Erhöhung des aktiven Anteils an Elektrodenmaterial in Kondensatoren (Supercaps) genutzt. Diese Nanopartikel und -strukturen ermöglichen auch in Festkörper-Brennstoffzellen eine Effizienzsteigerung, indem die Dicke des Brennstoffzellen-Elektrolyten signifikant reduziert werden kann.

Im Bereich der Beleuchtungstechnik werden Carbon Nanotubes, mikrometerlange Kohlenstoffröhrchen mit nur wenigen Nanometern Durchmesser, angewendet. Durch ihre grosse Leitfähigkeit und den kleinen Durchmesser eignen sie sich hervorragend als elektrische Feldemitter. Sie werden bereits für die Herstellung von quecksilberfreien und unmittelbar schaltenden Fluoreszenzlampen als Alternativen zu konventionellen Leucht-

„Cold cathode fluorescent lamps for general lighting based on carbon nanotube field emitters“



Kohlenstoff-Nanoröhrchen-Lampe erleuchtet die umgebenden Labor-einrichtungen.

Funktionalität:

Kohlenstoff-Nanoröhrchen emittieren Elektronen, welche eine neuartige Glühbirne/Leuchtstoffröhre zum Leuchten anregen.

Kundennutzen:

- quecksilberfrei
- dimmbar
- Leuchteffekt tritt ohne Verzögerung beim Einschalten ein
- weitgehend kompatibel mit bestehenden Systemen.

(Quelle: Prof. Bonard)

stoffröhren mit Quecksilber eingesetzt. Schliesslich sei auch der Bereich der Bautechnik erwähnt, wo gegenwärtig Präparationsmethoden für Zemente entwickelt werden, so dass Wärme- und Feuchtigkeitstransportphänomene mit Atom-Kraft-Mikroskopen untersucht und optimiert werden können.

Erneuerbare Energien

Im Bereich der erneuerbaren Energien konzentrieren sich die Forschungsaktivitäten im Nanobereich in der Schweiz auf Solarzellen. Dabei wird der grosse Oberflächenanteil im Verhältnis zum Volumen von Nanopartikeln ausgenutzt. Diese Pulver ermöglichen es, kleinporeige Strukturen und Beschichtungen zu erzeugen, Farbstoffmoleküle einzulagern und die Effizienz der Energieumwandlung von Licht in elektrische Energie zu erhöhen. Spezielle Nanostrukturen auf den Grund- und Deckmaterialien von Solarzellen können genutzt werden, um einfallende Sonnenstrahlung durch Lichtstreuung optimal im Halbleitermaterial der Zelle zu verteilen.

Die diskutierten Beispiele illustrieren die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten von Nanotechnologien im Energiebereich, ohne den Anspruch auf Vollständigkeit zu erheben. Weiterführende Quellen zur industriellen Nutzung von Nanotechnologien im Energiebereich: ENET-Publikation Nr. 220026 und Internet-Links.

„Nanomaterials for high efficiency and low cost Cu(In, Ga)Se₂ thin film solar cells“

Funktionalität:

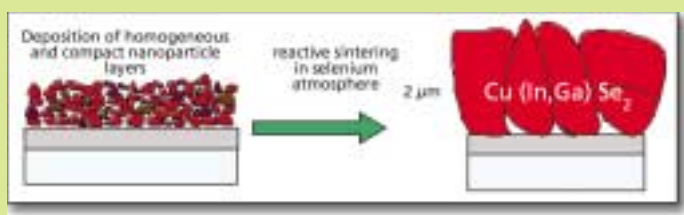
Gesinterte Schichten aus Nanopartikeln mit kompakten, bruchfreien Körnern in der Grössenordnung 1 µm, gewünschter Kristallorientierung und Adhäsionseigenschaften. Die Kompaktheit und Bruchfreiheit werden durch grosse Oberflächen/Volumen-Verhältnisse der Vorläufer-Nanomaterialien ermöglicht.

Kundennutzen:

Niedrige Herstellkosten (< 0,8 Euro/W_p) und optimierte Materialausnutzung ermöglichen die Herstellung von polykristallinen Dünnschicht-Solarzellen mit Glassubstraten und Umwandlungseffizienzen um 10 %.

(Quelle: Dr. Tiwari, ETH Zürich)

Das Sintern von Nanopartikel-Schichten.



Vermitteln statt verzagen

TEVE, die Technologievermittlung des Kantons Bern hat Wirkung erzielt

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

Martin Beck
BFE-Bereichsleiter
Energiewirtschaft-
liche Grundlagen

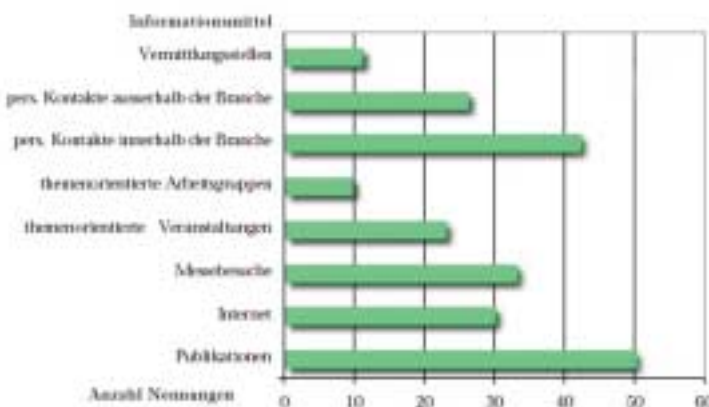
Seit 1996 läuft im Kanton Bern das Projekt Technologievermittlung im Energiebereich (TEVE). Diese Stelle wird je zur Hälfte vom BFE und der Bau-, Verkehrs- und Energiedirektion (BVE) des Kantons Bern finanziert. Die kürzlich von Interface Luzern durchgeführte Evaluation hat Bilanz gezogen und mögliche Erweiterungsmassnahmen aufgeführt.

Strategie überzeugt

Die zentrale Tätigkeit der TEVE besteht in der aktiven Kontaktnahme zu Klein- und Mittelunternehmen (KMU), um ihnen den Zugang zu innovativen Entwicklungen und neuen Produkten zu vermitteln. Dies erfolgt mit Kontakten zu Forschungsstellen und Produzenten. Ergänzt wird diese „Bring“-Strategie sowohl durch die Bildung von Netzwerken (themenspezifische Arbeitsgruppen) als auch durch eine „Top-down“-

Strategie, welche die Förderung von P & D-Anlagen einschliesst.

Mit der Evaluation wollte man die Vor- und Nachteile in Konzeption und Umsetzung der TEVE sowie die Leistungserbringung beurteilen. Die Steuerung des Projekts erfolgt durch eine Begleitgruppe u.a. mit Vertretern des BFE, der FH Bern und der BVE. Die eigentliche Vermittlung wird durch die Dr. Eicher + Pauli AG Bern im Auftragsverhältnis vorgenommen. Aus der Unternehmensbefragung resultierte, dass von 32 Firmen, die mit TEVE Kanton Bern



in einem direkten Kontakt standen, die Vermittlungsstelle bei 14 zu einer effektiven Problemlösung beitragen konnte. Dabei waren vor allem die Vermittlung von Kontakten zu möglichen Lieferanten sowie von Technologie-Informationen gefragt.

Wichtigste Informationsmittel von Unternehmen bei Energiefragen.

Empfehlungen für die künftige Ausrichtung der TEVE

Es hat sich ferner bestätigt, dass die in jüngster Zeit erfolgte Verstärkung und Dynamisierung der Bildung und Pflege von themenspezifischen Arbeitsgruppen einen erfolgversprechenden Weg darstellt, den man auch weiterhin konsequent verfolgen sollte. Eine direkte Auswirkung auf die Schaffung von Arbeitsplätzen kann zwar nicht festgestellt werden, die Realisierung neuer Projekte zur Steigerung der Energie-

EWG-Schwerpunkte 2002/2003 – neue Projekte

Das Forschungsprogramm Energiewirtschaftliche Grundlagen setzt für die beiden Jahre 2002 und 2003 thematische Schwerpunkte in den Bereichen Kosten/Wirtschaftlichkeit und Massnahmen. Folgende sechs Projekte sind neu angelaufen:

- Optimierungschancen bei der dezentralen Stromversorgung
- Evaluation des Basler Stromspar-Fonds
- Direkte und indirekte Zusatznutzen bei energieeffizienten Wohnbauten
- Eidgenössische Wohnbauförderung und Energieeffizienz
- Planungs- und Bauinstrumente zugunsten einer energieeffizienten Nutzung von Gebäuden und der Förderung von erneuerbaren Energien
- Pilotstudie für Forschungsprojekte zur langfristigen nachhaltigen Gestaltung der schweizerischen Energienutzung und -versorgung mit einem Zeithorizont bis 2050.

Eine weitere Ausschreibungsrunde des EWG erfolgt im Sommer 2002.

Informationen: www.ewg-bfe.ch

effizienz und zur Förderung erneuerbarer Energien ist ebenfalls nicht klar quantifizierbar, die Erkenntnis ist aber vorhanden, dass man im Wesentlichen den Erfolg durch indirekte Wirkungen wie Verbesserung des Innovationsklimas erzielt.

Daraus ergeben sich Empfehlungen für die künftige Ausrichtung der TEVE Kanton Bern: Die Aktivitäten sollten noch stärker auf bestimmte Adressaten- und Nutzerkreise und auf Schlüsselthemen fokussiert

werden. Dadurch würden die Angebots- und Kompetenzprofilierung nach aussen gefördert. Auch die Arbeit im Bereich der Netzwerkbildung muss forciert werden.

Die ermutigenden Resultate geben Anlass, das Projekt TEVE so weiterzuführen und eine Ausdehnung auf die Region „Espace Mittelland“ zu prüfen. Denn eine engagierte Technologievermittlung wird für die KMU immer wichtiger.

Studie:

Technologievermittlung im Energiebereich (TEVE) Kanton Bern; Hans-Martin Binder, Riccarda Schaller, Andreas Balthasar, Interface Luzern, 2001

Bezug: www.ewg-bfe.ch oder

www.bbl.admin.ch/bundespublikationen

NewRide fördert Elektro-Bikes

Die Förderung von Elektro-Zweirädern wird neu auf mehrere Städte ausgeweitet. Nachdem NewRide seit März 2001 in verschiedenen Gemeinden des Kantons Bern als Förderprogramm für Elektro-Bikes und -Scooter läuft, und bereits damals der Voratz bestand, weitere Kantone, Städte und Unternehmen zur Beteiligung einzuladen, hat sich nun der Kreis erweitert. Im Februar 2002 konnte der nationale Auftakt des Programms durchgeführt werden. Zürich und Basel haben die Idee übernommen. Für Basel stellt dies bereits die zweite Elektro-fahrräderaktion dar.

Mehr als nur bessere Luft

Diese Bikes können einen beachtlichen Beitrag leisten, um die Automobile für Kurzfahrten in Agglomerationen zu ersetzen, positiven Einfluss auf Luftqualität, Klima und Gesundheit auszuüben und die Energieziele des Aktionsprogramms EnergieSchweiz zu erreichen. Das Energieeffizienzpotenzial der Fahrräder im Rahmen einer Nachhaltigkeitsstrategie im Verkehr ist beachtlich: CO₂-Ausstossreduktion, verringerte Lärmimmissionen, weniger Luftschadstoffe, Flächeneinsparung, bessere Nutzung teurer Standorte, Förderung lokaler Firmen usw.

Integrale Förderung als Prinzip

Die Förderung durch NewRide erfolgt auf mehreren Ebenen und zeichnet sich somit durch einen integralen Ansatz aus. Unterstützt werden interessierte Händler, Produzenten und Importeure. Mit dem Label NewRide will man einen bestimmten Qualitätsstandard sichern und dadurch die nötige Zuverlässigkeit für Benutzer garantieren. Mit Probefahrten können Erfahrungen gesammelt, Informationen ausgetauscht und Kaufwiderstände abgebaut werden. Initiativen von Gemeinden und Unternehmen zur Nutzung von Elektrozweirädern werden ebenfalls unterstützt.

Mit dem Label werden NewRide-Händler ausgezeichnet, die sich auf Beratung, Verkauf und Service von Elektro-Zweirädern spezialisiert haben.

An speziellen Ausstellungen in verschiedenen Orten wird NewRide vorgestellt und die Möglichkeit von Probefahrten geboten. Ferner haben bestimmte Gemeinden auch einen MietSERVICE für Elektro-Zweiräder eingeführt.

Schweizweites Händlernetz

Inzwischen besteht ein schweizweites NewRide-Händlernetz mit rund 250 Anbietern, die acht Marken vertreten. Heute bestehen 20 E-Bike-Modelle, die bereits ab einem Preis von CHF 2'000.- zu haben sind. Schauen Sie unter der Internet-Adresse von NewRide, wo Ihr nächster NewRide-Händler ist.

www.NewRide.ch

NewRide ist in voller Fahrt und hat nach der Lancierung im Kanton Bern bereits die beiden Städte Zürich und Basel erreicht.





Solar trocknen spart Öl

Neuer Weg zur Trocknung des Klärschlammes als Vorstufe für dessen Verbrennung: die solar betriebene Anlage

Hans-Rudolf Zweifel
Urs Baier
 Fachhochschule
 Wädenswil HSW
 CH-8820 Wädenswil

Otto Fischli
 Energieprojekte
 Fischli
 CH-8752 Näfels

Das Ausbringen von Klärschlamm auf die Felder ist ab 2003 verboten. Damit wird sich der Anteil, welchen man der Verbrennung zuführt, markant erhöhen. Zum einen muss das enthaltene Wasser mit beachtlichem Energieaufwand verdampft werden, zum andern nehmen damit Strassentransporte zwischen Klär- und Verbrennungsanlagen zu.

Trocknen des entwässerten Klärschlammes mit Sonnenenergie

Einen neuen Weg hat man seit 1999 im Glarnerland gewählt. Neben der ARA in Biltlen wurde die erste solare Klärschlamm-trocknungsanlage der Schweiz errichtet. Zwei Betriebsjahre haben inzwischen betriebliche Erfahrungen und Daten erbracht. Mit BFE-Unterstützung konnte eine umfassende Messkampagne durchgeführt werden.

In zwei Hallen, die Treibhäusern gleichen, wird der in Siebbandpressen auf 25% Trockensubstanz (TS) entwässerte Faulschlamm auf 40 – 50 % TS vorgetrocknet. Bei den von der KVA geforderten 45 % TS ist der Schlamm noch pumpbar und behält seine günstigen Fliess-Eigenschaften. Erreicht wird diese Trocknung durch die solare Einstrahlung durch das Kunststoffdach aus Polyethylen und Ethylenvinylacetat. Zudem kann nun die Abwärme des installierten Blockheizkraftwerks optimal genutzt werden.

Die Schlammschichtdicke beträgt ca. 30 cm; mit einer Wendemaschine wird die Schicht regelmässig gewendet und sukzessive vorwärts geschoben. Die gewählte Dicke erzeugt keine nennenswerte Eigenwärmerückgewinnung, wodurch Kompostierungsprozesse unterbunden werden und deshalb kaum Geruchsemissionen entstehen.

Wirtschaftliche Perspektiven für die Entsorgung

Durch die Reduktion des aufgrund der solaren Trocknung verminderten Wasser- bzw. Gewichtsanteils im Klärschlamm konnten Einsparungen bei Abnahmegebühren und Transportkosten erreicht werden. Die Anzahl der notwendigen Fahrten reduzierte sich um 40 %, was positive Auswirkungen auf den Treibstoffverbrauch und damit den CO₂-Ausstoss hat. Der Platzbedarf beträgt 1 – 1,5 m² pro Tonne jährlich verdampften Wassers. Günstige Voraussetzungen für solare Trocknungsanlagen bestehen bei folgenden Bedingungen: genügend Platz in der Nähe der ARA, lange Transportwege zur Verbrennungsanlage, günstige klimatische Voraussetzungen (Solareinstrahlung), Wärmeabnahme einer mit Biogas betriebenen Wärme-Kraft-Kopplungsanlage. Aufgrund der positiven Resultate hat man sich in diesem Jahr für die Erstellung einer zweiten Anlage entschieden, die zurzeit aufgebaut wird.



Neben der ARA in Biltlen (oben) wird zurzeit die zweite solare Trocknungsanlage für Klärschlamm errichtet. Die Wendemaschine (unten) schiebt die Schicht sukzessive vorwärts.

Holzpellets unter der Lupe

Untersuchungen bestätigen: Holzpellets sind ein ökologischer Brennstoff für automatische Heizungen

Thomas Nussbaumer
Verenum
CH-8006 Zürich

Daniel Binggeli
BFE-Bereichsleiter
Holz

Pelletfeuerungen verfügen über eine automatische Zündung und werden aus einem integrierten Tagessilo oder einem grösseren externen Brennstoffsilo automatisch beschickt. Dank der Homogenisierung des Brennstoffs zu einem Granulat mit konstantem Heizwert erreichen sie einen hohen Wirkungsgrad und eine emissionsarme Verbrennung. Mit zunehmender Wärmedämmung der Gebäudehüllen ergeben sich für Pelletheizungen interessante Anwendungsgebiete, da sie für kleine Leistungen geeignet und kostengünstig verfügbar sind. Pelletöfen im Wohnbereich kommen in der Regel als Einzelraumheizung zum Einsatz, während Pelletkessel für Zentralheizung und Warmwasser dienen. Als Kombination werden auch Öfen mit integrier-

tem Kessel angeboten. Diese sind geeignet als Etagenheizung oder zur Beheizung eines Minergie-Hauses. Als interessante Lösung für die Zukunft besteht auch die Möglichkeit, ein Passivhaus mit Luftheizung durch einen Pelletofen zu beheizen.

tem Kessel angeboten. Diese sind geeignet als Etagenheizung oder zur Beheizung eines Minergie-Hauses. Als interessante Lösung für die Zukunft besteht auch die Möglichkeit, ein Passivhaus mit Luftheizung durch einen Pelletofen zu beheizen.

Potenzial ist noch kaum ausgeschöpft

Das Rohmaterial für Holzpellets ist naturbelassenes Holz. Meist wird Restholz in Form von Sägemehl oder Hobelspänen eingesetzt, das am Ort des Anfalls nicht genutzt werden kann. Das Potenzial an Sägemehl und Hobelspänen in der Schweiz wird auf 180'000 Tonnen pro Jahr geschätzt und reicht zur Beheizung von 45'000 Einfamilienhäusern mit einem Bedarf von 4 t Pellets (entsprechend 2000 Liter Heizöl) pro Jahr. Dies entspricht knapp 0,4 % des Schweizerischen Gesamtenergieverbrauchs. Da heute erst rund 8'000 Tonnen Pellets genutzt werden, besteht noch eine erhebliche Perspektive für Pelletheizungen,

die durch Verwendung des erneuerbaren Energieträgers zu den Zielen der schweizerischen Energiepolitik beitragen können. Holzpellets sind somit eine sinnvolle Ergänzung zu den klassischen Energieholzsortimenten und ihre Anwendung wird in den kommenden Jahren an Bedeutung gewinnen.

Holzpellets sind zylindrische Presslinge mit einer Länge von 10 bis 50 mm, die unter Druck aus trockenen Holzspänen gepresst werden. Der Durchmesser beträgt 4 bis 10 mm, wobei für das Label „Swisspellet“ eine Einschränkung auf 5 bis 7 mm erfolgt. Zur Qualitätssicherung dienen Pelletnormen, die neben den zulässigen Dimensionen weitere Brennstoffeigenschaften wie Heizwert, Schüttdichte, Staubabrieb und Inhaltsstoffe festlegen.

Presshilfsmittel beeinflussen Herstellung und Verbrennung

Die Pelletherstellung ist mit Vorleistungen verbunden, die für eine Beurteilung als Energieträger berücksichtigt werden müssen. Für Pellets aus Sägemehl ist insbesondere eine Trocknung des Rohmaterials erforderlich, die bei Hobelspänen in der Regel entfällt. Im Rahmen eines BFE-Projekts wurde der Einfluss von Presshilfsmitteln auf die Pelletherstellung und -verbrennung untersucht. Nach Schweizer Pelletnorm ist die Zugabe von Presshilfsmitt-

Studie:
Herstellung und Eigenschaften von Holzpellets; Hasler Ph., Nussbaumer Th., Verenum Zürich; BFE; 2001.
Bezug: www.energieforschung.ch

Energiedichte	Lagervolumen
MWh/m ³	(m ³)
Holzschnitzel	0,7 – 1
Stückholz	1,5 – 2
Holzpellets	3,2
Heizöl	10

Energiedichte und Lagervolumen von Holzpellets im Vergleich mit anderen Brennstoffen.

Pelletofen mit Warmluftabgabe und integriertem Pelletbehälter, 2,5 bis 10 kW (Tiba).



teln derzeit zwar untersagt, die österreichische Norm erlaubt jedoch naturbelassene Biomasse als Hilfsstoff. Aus diesem Grund interessierte unter anderem die Frage, ob durch Presshilfsmittel der Energieaufwand für die Herstellung vermindert werden kann.

Eine weitere Fragestellung umfasste die Beeinflussung der Pelleteigenschaften bei der Lagerung sowie der Emissionen bei der Verbrennung. Entgegen den Erwartungen konnte die Pelletherstellung mit rund zehn verschiedenen biogenen Zusätzen nur geringfügig beeinflusst werden. Die Untersuchung ergab jedoch wichtige Erkenntnisse zum Lagerverhalten und den Verbrennungseigenschaften, aus denen entsprechende Anforderungen für die Anlagenplanung und die Feuerungstechnik abgeleitet werden konnten.

Graue Energie von Feuchtigkeit und Transportweg abhängig

Im Rahmen der Untersuchung wurde unter anderem auch der Energieverbrauch an einer Pelletieranlage bestimmt. Zur Trocknung von feuchtem Sägemehl wurde ein Fremdenergieverbrauch in Form von Heizöl von 12,8 % bezogen auf den Heizwert der Pellets bestimmt. Zudem wurden rund 1,5 % Strom zur Pelletierung aufgewendet. Der Energieinhalt der so hergestellten Pel-



Pelletkessel mit Zwischensilo (Hargassner).

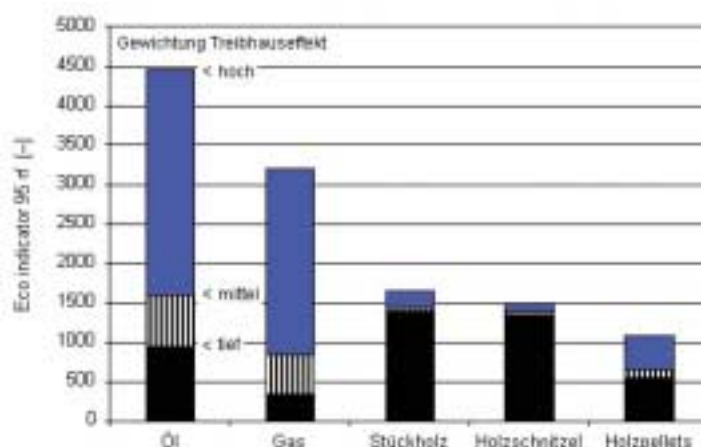
lets ist somit zu rund 85 % erneuerbar und zu 15 % nicht erneuerbar. Die Fremdenergie ist allerdings nicht verloren, sondern zum Grossteil im Heizwert der Pellets enthalten. Für trockenes Rohmaterial sinkt der Anteil grauer Energie auf rund 2 %. Nebst der Herstellung ist auch der Transportaufwand zu berücksichtigen. Für Holzpellets beträgt er rund 0,5 % des Heizwerts pro 100 km Fahrstrecke. Bei einer regionalen Versorgung mit Holzpellets ist der Transportanteil somit gering, während Strassentransporte über mehrere Hundert Kilometer nicht vertretbar sind.

Ökobilanz bei guten Betriebsbedingungen positiv

Zur Beurteilung der Umweltbelastung wurde anhand einer BUWAL-Studie die Ökobilanz für Holzpellets abgeschätzt. Im Vergleich zu Holzschnitzeln sind die zusätzliche Umweltbelastung bei der Herstellung sowie die verminderten Emissionen bei der Verbrennung berücksichtigt. Der Vergleich zeigt, dass die Wärmeerzeugung mit Holzpellets ökologisch vorteilhafter ist als mit Holzschnitzeln oder Stückholz. Die Vorleistungen zur Pelletherstellung werden

durch die geringeren Stickoxid- und Staubemissionen mehr als wett gemacht.

Bei einer breiten Anwendung von Holzpellets besteht bei deren Herstellung zudem noch ein Potenzial zur weiteren Verminderung der Umweltbelastung. Daneben ist zu beachten, dass die Pelletverbrennung bei schlechten Betriebsbedingungen zu einer deutlich höheren Umweltbelastung führt als unter guten Voraussetzungen. Aus diesem Grund wird auch für Pelletfeuerungen der Einsatz einer Verbrennungsregelung empfohlen. Zudem ist auf eine periodische Reinigung und einen guten Unterhalt der Anlage zu achten.



Umweltbelastung als Eco indicator-Punkte pro TJ Nutzenergie für Öl-, Gas-, Holz- und Holzpellettheizungen für die drei Gewichtsvarianten des Treibhauseffekts „hoch“, „mittel“ und „tief“. Alle Daten nach BUWAL-Studie Nr. 315, mit Ausnahme der Angaben für Holzpellets. Diese beruhen auf einer Abschätzung mit 50 % der Emissionen an NO_x und PM 10 von Holzschnitzeln plus einem Zusatzaufwand von 20 % Heizöl für Trocknung und Pelletierung mit typischen Emissionen eines Trockners.

7. Holzenergie-Symposium

Das 7. Holzenergie-Symposium findet am 18. Oktober 2002 an der ETH Zürich statt. Es bietet ein Forum für den Erfahrungsaustausch zum aktuellen Stand der Technik: Beeinflussung der Feinstaub-Emission in Feuerungen, Verfahren des Staubabscheidens, Systemoptimierung automatischer Holzfeuerungen sowie Verfahren zur Holzvergasung und Stromerzeugung. Im Weiteren werden die Holzenergie-Förderung, das Altholzkonzert des Bundes und die TA-Luft (Technische Anleitung) für Holzfeuerungen thematisiert.

www.energieforschung.ch

Im Untergrund speichern

Die Wärmeversorgung von Siedlungen mit saisonal gespeicherter Sommerwärme ist machbar

Heinz Juzi

Zürcher Hochschule
Winterthur
CH-8401
Winterthur

Jean-Christophe Hadorn

BFE-Programmleiter
Solarwärme
CH-1035 Bournens

Urs Wolfer

BFE-Bereichsleiter
Solartechnologien

Wie kann man auch bei uns die Sommer- sonne für den Winter speichern? Dieser Frage ist man mit BFE-Unterstützung nachgegangen und hat Chancen, Kriterien und Hindernisse aufgezeigt. Die saisonale Speicherung von Sonnenenergie zur Wärmeversorgung grösserer Siedlungen wurde bislang vor allem in Deutschland getestet. Die ersten Betriebserfahrungen mit den diesbezüglichen Pilot- und Demonstrationsanlagen sind jedoch nicht ohne weiteres auf Siedlungen in der Schweiz übertragbar, so dass die Eignung dieser Technik für Schweizer Verhältnisse zu prüfen war.

Sommerwärme diffundiert in einen Erdspeicher

Beim Erdspeicher, der als Diffusionsspeicher wirkt, gelangt die von thermischen Sonnenkollektoren stammende Sommer-

wärme über Wärmetauscherrohre ins Erdreich. Beim sog. Bohrlochspeicher werden Doppel-U-Kunststoffrohre in vertikale Bohrlöcher von 20 bis 30 m Tiefe eingeführt und dann mit einer Spezialmischung vergossen.

Eine Wärmedämmung dieses Speichertyps ist nur an der Speicheroberseite möglich. Beim allseitig thermisch und hydraulisch abdichtbaren Aushubspeicher werden die Wärmetauscherrohre in mehreren Ebenen horizontal verlegt. Dieses Speicherkonzept eignet sich besonders für Siedlungsgebiete mit wasserdurchlässigen Moränenböden mit starken Grundwasserströmungen.

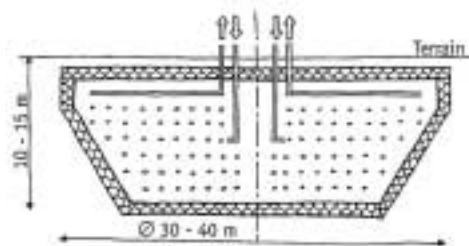
Während heute bei Neubauten eine sehr gute Wärmedämmung kombiniert mit einer mechanischen Wohnungslüftung sinnvollerweise im Vordergrund steht und zu einer markanten Reduktion der erforderlichen

Heizenergie führt, also ein saisonaler Wärmespeicher kaum mehr nützlich erscheint, bieten die zu sanierenden älteren Wohnbauten ein wesentliches Potenzial. Dabei ist jedoch eine minimale Siedlungsgrösse von ca. 100 Wohneinheiten erforderlich, nimmt doch der Wirkungsgrad von Erdspeichern mit kleiner werdendem Volumen ab. Im Weiteren ist der Bau in Grundwasserschutz zonen nicht möglich. Zudem bilden die erforderlichen Investitionen für Kollektoranlagen, Erdspeicher, Verbundnetz und Steuerung in der Regel ein entscheidendes Kriterium für die Realisierung.

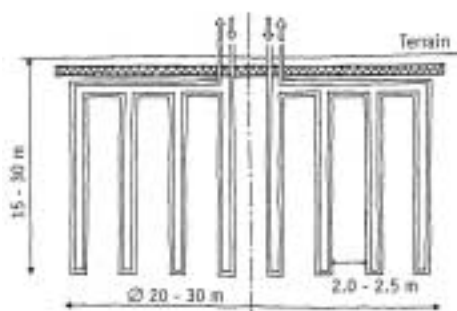
Für Sanierungsobjekte bestehen bessere Anwendungsmöglichkeiten

Die Machbarkeit dieses Konzepts hängt bei Altbausiedlungen von zwei Randbedingungen ab: Zum einen benötigt der Bau eines Erdspeichers eine nicht unerhebliche freie Fläche in unmittelbarer Nähe des Siedlungsgebietes. Zum andern ist für das Erreichen einer solaren Deckungsrate von 50 % eine grössere Kollektorfläche erforderlich, welche bei Siedlungen mit mehr als vier Wohngeschossen in der Regel nicht zu finden sind.

Die Wärmekosten einer Solaranlage mit Saisonspeicher liegen bei heutigen Brennstoffkosten wesentlich höher als bei einer konventionellen Wärmeversorgung mit Öl oder Gas. Das hier beschriebene Konzept macht jedoch in Zukunft für Altbau-sanierungen Sinn, wenn nicht nur die Wärmekosten, sondern auch die Umwelteinwirkungen und der Ressourcenverbrauch an nicht erneuerbaren Rohstoffen betrachtet werden.



Aushubspeicher: Wärmetauscherrohre von ca. 200 m Länge werden in horizontalen Ebenen beim Wiederauffüllen des Speichers verlegt.



Bohrlochspeicher: Doppel-U-Rohr-Wärmetauscher in Bohrlöcher eingesetzt und mit Betonit vergossen.



SPF prüft Kombi-systeme

Seit über 20 Jahren prüft das Institut für Solartechnik SPF in Rapperswil Sonnenkollektoren auf Leistung, Qualität und Lebensdauer. Zurzeit konzentriert sich das SPF auch auf Tests der immer stärker aufkommenden Kombisysteme, mit denen sowohl Warmwasser erzeugt wird als auch die Heizung im Winterhalbjahr unterstützt werden kann. Auf der neu gestalteten Homepage des Instituts sind alle Dienstleistungen aufgeführt.

www.spf.ch
www.solarenergy.ch



5 Jahre sun21 – Kyoto dank uns

Vor wenigen Tagen ging das 5. internationale Energieforum sun21 in Basel zu Ende. „Energy first“ fand erstmals in terminlicher Übereinstimmung mit der Fachmesse Intersolar in Freiburg (Deutschland) statt. Thematisiert wurden die Rolle der Schweiz beim „Rio+10“-Erdgipfel im süd-afrikanischen Johannesburg sowie die Solarenergie in der Entwicklungszusammenarbeit. Ebenfalls von Interesse war die aktuelle Situation des Energieprojekts „2000-Watt-Gesellschaft in der Pilotregion Basel“.

www.sun21.ch

Rückblick – Einblick – Ausblick

Die Photovoltaik-Tagung vom 16./17. Mai 2002 an der SUPSI in Lugano-Canobbio war einer Standortbestimmung gewidmet. Einerseits konnte man auf 20 Jahre Photovoltaik-Entwicklung in der Schweiz zurückblicken. Denn hier am TISO ging 1982 die erste netzgekoppelte Anlage in Betrieb; heute besitzt das Labor eine einzigartige Messreihe dieser 10-kW-Installation über 20 Jahre.

Andererseits thematisierten die Referenten unter dem Stickwort „Einblick“ die aktuelle Situation einer bedächtigen Entwicklung des Solarstroms, geprägt von kantonalen



Ausstellungsobjekt an der Photovoltaik-Tagung im Mai 2002: Diese Technik ist in der Schweiz sonst nicht auf Rosen gebettet.

des BFE: Walter Steinmann (Direktor), Renato Tami (Leiter des Rechtsdienstes) und Stefan Nowak (Leiter des Forschungsprogramms Photovoltaik). Chancen und



Walter Steinmann, BFE-Direktor, und Stefan Nowak, Programmleiter, orientieren über die aktuelle Situation bei der Bundesförderung.

Unterschieden bei der Förderung, unter dem Druck von Finanzierungsproblemen und mit der Erkenntnis, dass die Umsetzungsarbeiten der neuesten Technologien wesentlich langsamer vor sich gehen als erwartet.

Der Ausblick richtete sich vor allem auf die Chancen, welche das EMG der Photovoltaik als erneuerbare Energie bieten wird. Dies unterstrichen zunächst die Repräsentanten

Herausforderungen sind vorhanden, wenn mit veränderten Strukturen mehr Exportfähigkeit bei Technik und Know-how möglich wird. Für einen wesentlich breiteren Marktdurchbruch in der Schweiz braucht es quantitative Zielsetzungen und konsequente Realisierungsprogramme.

www.photovoltaic.ch

Bereits mehr als 10 GWh im Jahr

Der Weltmarkt der Photovoltaikmodule ist im Jahre 2001 um rund 25 % gewachsen. In der Schweiz sind zwar rekordverdächtige 1,9 MW_p mit 125 neuen, netzgekoppelten Anlagen hinzugekommen, der Zuwachs hält sich jedoch im Rahmen der letzten Jahre. Damit konnte man bei der Jahresproduktion die 10 GWh-Marke überschreiten. Diese Zahlen sind der vom BFE mitfinanzierten Solarstromstatistik 2001 zu entnehmen, die vom Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen herausgegeben wird.

Der effektive mittlere Ertrag aller Anlagen betrug im Jahr 2001 rund 800 kWh pro installiertes Kilowatt Spitzenleistung. Die Nennleistung lag insgesamt bei gegen 15 MW_p für netzgekoppelte Anlagen sowie ca. 2,5 MW_p für Inselanlagen. Bei total 1450 in Betrieb stehenden netzgekoppelten Anlagen beträgt die mittlere Leistung pro Anlage ca. 15 kW_p.

Informationen und Bezug der Solarstromstatistik 2001:
www.strom.ch

Sonnenenergie ist wandelbar

Am SolarPACES-Symposium in Zürich werden die neuesten Forschungsergebnisse vorgestellt

Aldo Steinfeld
Institut für
Energietechnik
ETH Zürich/
Paul Scherrer Institut

**Alphons
Hintermann**
BFE-Bereichsleiter
Solarchemie

Sonnenenergie kann direkt in speicherbare und transportierbare chemische Brennstoffe wie Wasserstoff und Methanol umgewandelt werden. Die Forschung auf dem Gebiet der Hochtemperatur-Solarchemie wird in der Schweiz am Paul Scherrer Institut (PSI) und an der ETH Zürich betrieben. Sie umfasst sowohl grundlegende Studien chemischer Reaktionen als auch die Entwicklung solarchemischer Reaktoren.

Das Schwergewicht der PSI/ETHZ-Forschung liegt bei der Herstellung von solaren Brennstoffen wie Wasserstoff, Synthesegas und Metalle (z.B. Zink). Wasserstoff wird in einem 2-stufigen thermochemischen Kreisprozess aus Wasser gewonnen. In einem ersten, solaren Schritt wird dabei Zinkoxid bei ca. 2000 °C mit Hilfe von solarer Prozesswärme reduziert. Im zweiten, nicht-solaren Schritt reagiert das reduzierte Zink mit Wasser und produziert Wasserstoff. Das Zink wird dabei wieder in Zinkoxid umgewandelt und in den solaren Prozess zurückgeführt.



*Thermochemischer
Kreisprozess zur
Gewinnung von
Wasserstoff mit
Hilfe von Zinkoxid.*

Internet-Links

Weitere Informationen zur Forschungstätigkeit in der Schweiz:
www.pre.ethz.ch
<http://solar.web.psi.ch>
www.solarpaces.org

Der 40-kW-Sonnenofen am PSI besteht aus einem Flachspiegel, welcher der Sonne nachgeführt wird, und einem stationären Parabolspiegel.

SolarPACES in Zürich

Das „11th SolarPACES International Symposium on Concentrated Solar Power And Chemical Energy Systems“ findet vom 4. – 6. September 2002 an der ETH Zürich statt. Auf dieser vom Bundesamt für Energie (BFE) unterstützten Veranstaltung des SolarPACES-Programms der Internationalen Energie-Agentur (IEA) werden die neuesten Erkenntnisse und Forschungsergebnisse auf dem Gebiet der solarthermischen Stromerzeugung sowie der solarchemischen Energietechnologien in 140 Beiträgen aus 20 Ländern vorgestellt.

Aldo Steinfeld (ETHZ/PSI), Chairman des Symposiums, erklärt die Zielsetzungen: „SolarPACES bringt nationale Expertenteams aus der ganzen Welt zusammen, um Solarsysteme weiterzuentwickeln. Technologieaspekte stehen daher am Symposium in Zürich im Mittelpunkt. Berichtet wird von Testprogrammen und den Fortschritten bei der Entwicklung von Komponenten, bei der Instrumentierung von Solaranlagen und bei Systemanalysen. Beispielsweise werden die Erfahrungen mit dem 354-MW-Parabolrinnen-Kraftwerk und dem 10-MW-Solarturm-Kraftwerk in Kalifornien, neue solare Grossprojekte in Andalusien (Spanien) und anderen Ländern sowie neue Ergebnisse eines EU-Projekts mit massgeblicher Schweizer Beteiligung (PSI/ETH) zur Herstellung von solaren Brennstoffen präsentiert.“

www.solarpaces2002.ch



Technologie-Transfer

Kompetenz beim Forschungsmanagement

SARMA (Swiss Association of Research Managers and Administrators) bildet ein Netzwerk für Kompetenzen im Forschungsmanagement. Führung und Organisation von Forschungs- und Entwicklungsprojekten bedingen spezifische Qualitäten, die durch den Verein SARMA gezielt gefördert werden. Zum einen spielt meist das Beschaffen der finanziellen Mittel eine grosse Rolle, zum andern die entsprechende Überzeugungsarbeit für das konkrete Projekt. Zudem wachsen auch die Ansprüche an die Teamführung. Durch die Netzwerkbildung bringt SARMA die Experten zusammen und bietet mit Kursen, Konferenzen und Workshops Gelegenheiten zum Austausch und zur Weiterbildung. SARMA setzt sich zum Ziel, durch eine starke Interessengemeinschaft für das Forschungsmanagement auch Impulse für die schweizerische Forschungspolitik zu geben.

Gleichzeitig wird auch die Zusammenarbeit und Programmkoordination mit ähnlichen Organisationen, wie EARMA (Europa), SRA (USA) und RAGnet (UK), angestrebt. Vor kurzem fand in Budapest (Ungarn) die 8. EARMA-Jahreskonferenz statt, an welcher das Thema des Forschungs- und Innovations-Managements behandelt wurde.

Im Herbst dieses Jahres wird ein weiterer SARMA-Workshop in Zusammenarbeit mit dem Schweizer Nationalfonds (SNF) über das Forschungsprogramm-Management stattfinden. Die Reihe der Networking-Veranstaltungen wird im September mit einem SARMA-Info-Lunch bei der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) fortgeführt.

Informationen und Veranstaltungskalender:
www.sarma.ch

Juli

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

August

- 14./28. **MINERGIE entwickelt sich weiter – mehr Gebäude – noch weniger Energie**
Berner Werkstatt 4/5, HTA Bern
www.okapublic.ch/aktuelles.htm
- 21./28. **Passivhaus konkret**
Module 1 – 3: Konzept, Gebäudehülle, Haustechnik
EMPA Dübendorf / HTA Luzern
www.empa.ch / www.hta.fhz.ch

September

4. – 6. **11. SolarPACES**
Int. Symposium on Concentrated Solar Power and Chemical Energy Systems
ETH Zürich
www.solarpaces2002.ch
5. **Passivhaus konkret**
Module 4 und 5: Nachhaltigkeit, Nachweis
EMPA Dübendorf / HTA Luzern
www.empa.ch / www.hta.fhz.ch
- 12./13. **Energie und Umwelt im Hochbau**
12. Schweizerisches Status-Seminar 2002
ETH Zürich
www.empa.ch/zen
13. **Bauen, Sanieren, Energieeffizienz**
EWG-Tagung, ETH Zürich
www.ewg-bfe.ch (Aktuell)
26. – 27. **Planungsseminar Passivhaus**
SH-Holz Biel
oder www.swood.bfh.ch
26. **CO₂-Gesetz**
3. Energieapero beider Basel
www.energieapero.ch

Oktober

18. **7. Holzenergie-Symposium**
ETH Zürich
www.energieforschung.ch
31. **MINERGIE in Gewerbe-, Industrie- und öffentlichen Bauten**
8. Herbstseminar, Kongresshaus Biel
oder www.swood.bfh.ch

November

15. **Automatische Holzfeuerung 2002**
Chancen und Risiken, SH-Holz, Biel
www.swood.bfh.ch

Dezember

4. **Brennstoffzelle PowerPac**
SCGA-Seminar ETH Zürich
www.powerpac.ch

Energiekalender September 2002 – Februar 2003

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

Es dreht sich um Standorte

Weltweit befindet sich die Windenergie im Aufwind und in der Schweiz ist der politische Wille klar formuliert

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

Markus Geissmann
BFE-Bereichsleiter
Windenergie

Während in anderen Ländern die Windkraft über Jahrhunderte aktiv genutzt wurde, stand in der Schweiz der Einsatz der Wasserkraft im Vordergrund. Die mittelalterlichen Gewerbebetriebe und die später einsetzende Industrialisierung waren vom kanalisierten Wasser abhängig. Diese Tatsachen prägen bis heute die Situation der Windenergie in der Schweiz. Zum einen begegnet man dieser Technik noch immer mit Misstrauen, zum andern sieht man in der Partnerschaft mit der Wasserenergie eine sinnvolle, zukunftsorientierte Zusammenarbeit. Vorhandene Anlagen bestätigen die Praxistauglichkeit, und der politische Wille

ist inzwischen klar definiert worden, in der kleinräumigen Schweiz nach geeigneten Standorten Ausschau zu halten, um das vorhandene Windpotenzial zu nutzen. Es gilt, die Rahmenbedingungen so zu verbessern, dass der Ökostrom aus Windenergieanlagen zu einem festen Bestandteil des Elektrizitätsmarktes werden kann.



Markus Geissmann (rechts) und Robert Horbaty leiten das BFE-Forschungsprogramm Windenergie.

Windenergie hebt ab

Weltweit sind heute ca. 24'000 MW Windkraftleistung installiert. Davon alleine in Europa ca. 17'000 MW. Die Hälfte findet man in Deutschland (ca. 8'750 MW), und in Spanien sind 3'300 MW in Betrieb. Dieses Land wurde vor kurzem als „Wind-Weltwunder“ mit dem Energy-Globe-Award ausgezeichnet. Dänemark hat als unerschütterlicher Pionier die moderne Windkraftentwicklung massgeblich geprägt. Rückgrat der Erfolgsgeschichten in

diesen drei Ländern ist ein seit Jahren festgelegter Rückspeisetarif.

In den kommenden Jahren werden vielerorts weitere Ausbauprojekte geplant, die den Anteil der Windenergie an der Stromproduktion in einzelnen Ländern auf zweistellige Werte heben wird. In Deutschland sollen bis 2025 sogar 25 % erreicht werden.

Mit kleinen Schritten zum grossen Ziel

In der Schweiz ist der wichtigste Produktionsstandort auf dem Mont-Crosin. Seit Herbst 2001 hat die Juvent SA dort insgesamt sechs Anlagen in Betrieb. Die ADEV Windkraft AG ist das zweite Unternehmen, das bei uns Windenergie vermarktet. Gesamthaft beläuft sich die Jahresproduktion der Schweizer Anlagen auf rund 5 GWh.

Mit EnergieSchweiz will man bis 2010 ein zusätzliches Prozent des heutigen Stromverbrauchs aus neuen erneuerbaren Energien erzeugen. Dies entspricht ca. 500 GWh. Das vom UVEK formulierte Ausbauziel für Windenergie von 50 bis 100 GWh/Jahr entspricht somit einem Beitrag von 10 – 20 % an das EnergieSchweiz-Ziel. Dies reicht für die Stromversorgung von etwa 33'000 Haushalten. Die drei involvierten Bundesämter ARE, BFE und BUWAL wollen die bisherige Produktion also verzehnfachen, indem eine Konzentration von grossen Anlagen an geeigneten Standorten vorgesehen wird. Diese müssen genügende Windverhältnisse für einen wirtschaftlichen Betrieb aufweisen, technisch erschliessbar sein und dürfen nicht in unberührten Landschaften liegen. In den Richt- und Nutzungsplanverfahren der Kantone sollen dafür mögliche Standorte definiert werden. Dazu wird unter Beteiligung aller interessierter Kreise ein nationales Konzept erarbeitet, damit eine sachliche Diskussion um Standorte für grosse Anlagen und ein zügiger Ausbau möglich werden.



Entwicklung der Anlagengrößen (Rotordurchmesser und Nennleistung) in den letzten 20 Jahren.
(Grafik: Bundesverband Windenergie Deutschland)

Konkrete Projekte sind bereits in der Planungs- oder Realisierungsphase. Beispielsweise die weltweit am höchsten gelegene Windanlage auf dem Gütsch bei Andermatt (2340 m.ü.M.) sowie verschiedene Anlagen auf den Jurahöhen. Mehreren Vorhaben stehen jedoch hemmende Tatsachen entgegen, wie Einsparungen unterschiedlicher Herkunft oder Unsicherheiten bei den Rahmenbedingungen durch die noch nicht entschiedene Situation beim Elektrizitätsmarktgesetz (EMG).

Verbesserung der Rahmenbedingungen

Das BFE-Programm Windenergie verfolgt das Ziel, mit mittleren und grossen Anlagen an evaluierten Standorten Betriebserfahrungen zu sammeln, um Grundlagen für das Erreichen der gesetzten Zielvorgaben zu schaffen. Ferner sollen die Marktchancen für die Schweizer Planungs-, Elektro- und Maschinenindustrie als Zulieferer der internationalen Szene erhöht werden. Mit der Bildung eines Kompetenznetzwerks und der Bereitstellung von Informationsmaterial werden diese Anliegen konkret unterstützt. Daraus ergeben sich folgende Schwerpunkte:

- Standortabklärungen und Entwicklungsunterstützung für Projekte in gebirgigem Umfeld unter entsprechend schwierigen Klimabedingungen (Modellierung, Messdatenerfassung, Auswertung)
- Förderung von Einzelprojekten für Nischenprodukte sowie Installation und Evaluation von Pilot- und Demonstrationsanlagen
- Klärung von spezifischen Akzeptanzschwierigkeiten bei Windenergieprojekten.

Das BFE unterstützte im Jahr 2001 beispielsweise Standortabklärungen an zehn Orten: Sainte-Croix, Saint-Brais und La Racine im Jura-Bogen, Arosler Weisshorn, Grimselpass, Gotthardpass und St. Moritz in der Alpenregion sowie Mettilmoos-Obwyden (Entlebuch), Igelrain (bei Murten) und Linthebene.

Mit dem Wasser-Partner mehr Überzeugungskraft

Windenergie weist interessante Vorteile für die Nutzung in der Schweiz auf. Rund 60 % der Stromproduktion von Windanlagen fällt im Winter an, wenn am meisten Strom verbraucht wird. Wind wird somit zum sinnvollen Partner der Wasserkraft. Wenn der

Internationale Zusammenarbeit

Im Rahmen des IEA-Programms für Forschungs- und Entwicklungsprojekte der Windenergie in kaltem Klima (Wind Energy in Cold Climates) involviert. Hierbei geht es um das Sammeln und Auswerten von Informationen über die Vereisungsgefahr und den Tieftemperaturbetrieb von Windturbinen. Mit der weltweit starken Verbreitung von Windanlagen werden auch Standorte gewählt, die extreme klimatische Verhältnisse aufweisen. Zurzeit sind die skandinavischen Länder, USA und die Schweiz bei diesem spezifischen IEA-Projekt dabei.

<http://arcticwind.vtt.fi>

Suisse Eole – dem Wind verpflichtet

Die schweizerische Vereinigung für Windenergie – Suisse Eole – wurde 1998 mit Unterstützung des BFE gegründet. Sie richtet sich als Fachorganisation an Energieversorgungsunternehmen, Behörden, Ingenieurbüros, Umweltverbände, Windstromkunden. Zum primären Ziel der Aktivitäten zählen das Mitgestalten der Rahmenbedingungen für den Ausbau der Windenergie in der Schweiz sowie die Förderung der politischen Diskussion. Gleichzeitig ist Suisse Eole eine Plattform für den nationalen und internationalen Erfahrung- und Know-how-Austausch. Als Partner der Agentur für Erneuerbare Energie (AEE) und des Aktionsprogramms EnergieSchweiz trägt die Vereinigung auch die politische Zielsetzung mit.

www.suisse-eole.ch

Wind weht, bleibt das Wasser in den Speicherseen, in windschwachen Zeiten übernimmt die Wasserkraft die Stromproduktion. Die klimatischen Gegebenheiten der Schweiz führen dazu, dass sich diese beiden Energiequellen ideal ergänzen können. Windenergie ist sauber, CO₂-frei, beansprucht ein Minimum an Boden und ist problemlos rückbaubar. Faktoren mit Zukunft. Windenergie ist bei uns jedoch erstaunlich stark umstritten, beinahe mehr als Hochspannungsmasten und -leitungen, Mobilfunkantennen, Funktürme usw. Die Windenergie befindet sich zur Zeit in einer turbulenten Situation. Die Auseinandersetzungen drehen sich aber im Wesentlichen um Standorte.

Juvent hat die Stärksten

Das Windkraftwerk der Juvent SA wurde durch zwei leistungsstarke Anlagen massiv ausgebaut

Die beiden leistungsstärksten Windturbinen der Schweiz befinden sich seit dem Herbst 2001 auf dem Mont-Crosin. Mit je 850 kW haben sie die bisherige Kapazität der mit vier Turbinen ausgestatteten Anlage von Juvent SA um 72 % erhöht.

In sechs Jahren verdoppelte Turbinenanzahl

Das Windkraftwerk auf dem Mont-Crosin oberhalb St. Imier wurde 1996 installiert. Gleich zu Beginn, im November jenes Jahres, erreichte man mit den drei ersten Turbinen bereits über 200'000 kWh. Diese 600-kW-Turbinen haben die Rotorachse in 45 m Höhe, der Rotordurchmesser beträgt 44 m. Zwei Jahre später kam als Ergänzung die vierte Windturbine hinzu, mit 660 kW Leistung und etwas grösseren Dimensionen.

Die beiden neuen seit Oktober 2001 eingesetzten Turbinen des Typs Vestas V52 arbeiten zwischen 14 und 31 Umdrehungen pro Minute, sind also für eine variable Geschwindigkeit ausgelegt. Dadurch wird

eine optimale Nutzung der Windenergie sowohl bei geringen als auch grossen Windgeschwindigkeiten garantiert. Die drei Rotorblätter sind mit einer mikroprozessorgesteuerten Pitch-Regelung ausgestattet, mit welcher die Rotorblätter so ge-

erhöhung von jährlich 2,5 Mio. auf 4,6 Mio. kWh erwartet. Dr. Jakob Vollenweider, Geschäftsführer der Juvent SA: „Die beiden neuen Anlagen konnten wir termin- und budgetgerecht im September 2001 starten. Bisher haben wir – auch während der

Im Herbst 2001 wurden die beiden neuen Windkraftanlagen auf dem Mont-Crosin montiert.



Im Jura blästs am besten

Die erfolgreiche Produktionsentwicklung des Windkraftwerks Mont-Crosin oberhalb St. Imier hat die Windvorhersagen bestätigen können. Auf deren Basis stehen nun weitere Standorte auf Jurahöhen, dem Arc Jurassien, zur Diskussion:

- Saint-Brais
- La Racine
- Crêt Meuron
- Sainte Croix
- Vue des Alpes.

Entscheide werden gefällt, sobald genügend Messergebnisse über die spezifischen Windverhältnisse sowie Berechnungen zur Wirtschaftlichkeit und genauere Anhaltspunkte zur Nachfrage-Entwicklung vorliegen.

dreht werden, dass sich ein Optimum von Effizienz und Geräuschentwicklung erreichen lässt. Die Anlagen drehen ab einer Windgeschwindigkeit von 4 m/s, erreichen die Nennleistung bei 16 m/s (57 km/h) und schalten bei 25 m/s (90 km/h) ab.

Ausbau aufgrund der Nachfrage-Entwicklung

Mit der Inbetriebnahme der beiden neuen Turbinen und dem entsprechenden Leistungsausbau wird eine Produktions-





extremen Kälteperiode dieses Winters – eine problemlose Produktion erlebt und die garantierten Betriebswerte erreichen können. Die Produktionskapazitäten sind bisher der Nachfrage entsprechend ausgebaut worden. Daher evaluieren wir zurzeit weitere Standorte im Arc Jurassien.“

Die für die Finanzierung des letztjährigen Ausbaus des Windkraftwerks aufkommende BKW FMB Energie AG in Bern vermarktet den Strom unter der Angebotsmarke 1to1energy. Mehr als einen Drittel der Landesproduktion an erneuerbarer Energie aus Sonnen- und Windenergie stammt von den Anlagen im Berner Jura. Die dortigen idealen klimatischen Verhältnisse sind Grundlage für Messungen an weiteren Standorten, beispielsweise im Nachbargebiet des Mont-Soleil.

www.juvent.ch



Turbinen mit Leistungen von 850 kW beanspruchen eine Bodenfläche von nur wenigen Quadratmetern. Dieser Vorteil ermöglicht eine uneingeschränkte landwirtschaftliche Nutzung.

Die Berücksichtigung der Windenergie in der Richt- und Nutzungsplanung

Die Errichtung von Windparks bedingt eine Grundlage in der kantonalen Richtplanung und in den kommunalen Nutzungsplanungen. Diese BFE-Studie – als Arbeitshilfe konzipiert – zeigt in einem ersten Teil auf, wie der Stand der Technik und die gegenwärtige Planungssituation ist, während im zweiten Teil die in den kantonalen Richtplänen zu behandelnden Fragen aufgelistet werden.

Studie:

Die Berücksichtigung der Windenergie in der Richt- und Nutzungsplanung; D.R. Soguel, H.R. Henz; BFE; 2001
Bezug: www.energieforschung.ch

Nationales Konzept Windenergie in der Startphase

Mit einem neuen Konzept soll die Koordination der Förderstrategien zur Nutzung von Windenergie und die Bestimmung geeigneter Makro-Standorte für Windparks erleichtert werden. Diese Standorte dienen als Grundlage für die Zusammenarbeit mit den Kantonen. Das Konzept nach Raumplanungsgesetz Art. 13 wird auf der Basis vorhandener Studien, bisheriger Erfahrungen aus den Kantonen und neuen Modellberechnungen erstellt. In einem ersten Schritt werden die aktuellen technischen, wirtschaftlichen, ästhetischen, ökologischen und kulturellen Kriterien mit allen interessierten Kreisen diskutiert. Nach Vorliegen der Resultate dieser ersten Phase wird sich die weitere Arbeit mit Massnahmen befassen, um der Windenergie eine gesicherte Ausgangslage auf Bundesebene zu geben.

Informationen:

Bundesamt für Energie BFE, CH-3003 Bern
Markus.Geissmann @ bfe.admin.ch

Höher drehte noch keine

Die weltweit höchst gelegene Windkraftanlage der 800-kW-Klasse wurde vor kurzem auf dem Gütsch montiert

Der Standort der neu installierten Windturbine auf dem Gütsch oberhalb Andermatt hat zahlreiche Vorteile. Die bestens geeigneten Windverhältnisse sind dank jahrelanger Messungen durch die SMA-Station sowie Simulationen der Firma Meteotest klar definiert. Föhn und Bise, die in Nord-Süd-Richtung übers Urserntal blasen, sollen in Zukunft Strom produzieren. Die bestehende Zufahrtsstrasse und elektrische Infrastruktur auf dem Gütsch erleichtern Montage und Betrieb auf 2332 m ü. M. Doch damit sind auch die Herausforderungen gegeben: Extreme Böenspitzen (bis 63 m/s = 227 km/h), tiefe Temperaturen sowie Eis- und Schneebelastungen und beim Transport enge Kurven und grosse Steigungen.



Vorteile der eingesetzten Technik

- Permanent erregter Synchrongenerator: keine Schleifringe
- Getriebelos: keine Getriebebeschäden durch Wechselbeanspruchungen
- Netzentkopplung durch AC/DC/AC-Stromrichter: keine Abhängigkeit von instabilen Netzverhältnissen an Netzen
- Turmintegrierter Traforaum: wintersicherer Zugang.

Alpine Erfahrungen sammeln

Mit einer speziell für alpine Verhältnisse konzipierten Windturbine kann das Elektrizitätswerk Ursern seine Spitzenlastabdeckung verbessern und eine hochwertige Winterstromproduktion realisieren. Das Bundesamt für Energie (BFE) unterstützt dieses Pilot- und Demonstrationsprojekt, um Erfahrungen der Windenergienutzung im alpinen Raum zu sammeln, technologische Erkenntnisse zu generieren sowie die verwendeten Planungs- und Berechnungswerkzeuge zu evaluieren.

Die Lagerwey-Turbine LW 750/40 ist für eine maximale Leistung von 800 kW ausgelegt. Die auf dem Gütsch erreichbare Jahresproduktion soll rund 1200 MWh betragen. Immerhin liegt die errechnete mittlere Windgeschwindigkeit bei 6,57 m/s in 45 m Nabenhöhe. Die Drehzahlregulierung erfolgt mit Blattverstellung (Pitch-Regelung) von 18 bis 32 Umdrehungen pro Mi-

nute. Damit wird getriebelos und direkt ein Synchrongenerator mit Permanentmagnet angetrieben. Diese als Neuheit entwickelte Bauart mit verminderter Komponentenanzahl bietet höhere Zuverlässigkeit und geringeren Servicebedarf. Wichtige Bauteile wie Generator und Umformer werden durch Schweizer Unternehmen geliefert.



Mit Spezialtransportern gelangten die Teile durch die enge Schöllenenenschucht hinauf. (Foto: Aschwanden). Rotornabe (links): Mit Ritzel und Zahnkranz erfolgt die Blattverstellung (Pitch-Regelung). Generator-Montage (rechts): Mit der entsprechenden Montage-Neigung wird der Permanentmagnet-Generator in Position gebracht.



Die Blattheizung (15 kW pro Blatt) erzeugt Warmluft in den Rotorblättern, wodurch Eisbildung und entsprechender Eiswurf, beispielsweise auf die nahe gelegene Skipiste, verhindert werden muss. Gleichzeitig sollen damit auch Produktivitätseinbussen durch eine beeinträchtigte Aerodynamik oder gar Stillstand ausgeschlossen werden.

Grosses Geschenk zum 100. Geburtstag

Das Elektrizitätswerk Ursern bereitet sich zu seinem 100. Geburtstag mit der Gütsch-Anlage ein viel beachtetes Geschenk. Lokale Ingenieure und Baumeister sowie wei-

tere Schweizer Unternehmen waren unter der Gesamtleitung der Weisskopf-Partner GmbH in Zürich involviert, um die Voraussetzungen für die Montage der niederländischen Turbine zu schaffen. Mit Spezialtransportern gelangten die Teile vor kurzem durch die enge Schöllenschlucht hinauf und wurden auf dem Gütsch montiert.

Mit ersten Windstrombezügern wurden Lieferverträge abgeschlossen. Die Anlage wird die Kriterien des Ökostrom-Labels „naturemade star“ erfüllen und entsprechend zertifiziert werden.



Markus Russi: Das EW Ursern bereitet sich zu seinem 100. Geburtstag mit der Gütsch-Anlage ein viel beachtetes Geschenk.



Meteodaten für Windprojekte

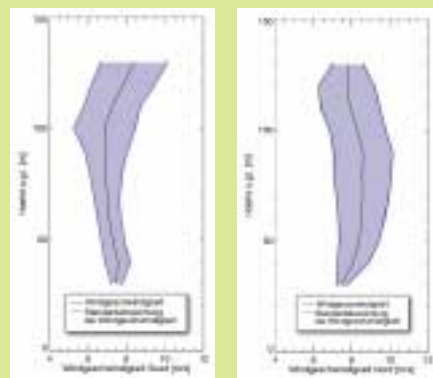
Für Windenergieprojekte werden Meteorodaten benötigt, um realistische Leistungsprognosen bei einem geeigneten Standort formulieren zu können. Die 1981 gegrün-



Sodarmessung der Windverhältnisse für den Standort Gütsch bei Andermatt.

dete Meteotest in Bern bietet solche Dienstleistungen und Datenbanken. Sowohl Messstationen als auch Simulationsprogramme dienen dazu, eine klimatologische Standortanalyse zu erstellen und damit die nötigen Entscheidungsgrundlagen zu schaffen. Da je nach Standort und Windrichtung das Vertikalprofil der Windgeschwindigkeit vom Boden bis zur Blattspitze unterschiedlich ist und Turbulenzen vorhanden sein können, sind Messungen im Gebirge ausserordentlich schwierig.

www.meteotest.ch



Mittlere vertikale Windprofile bei Süd- und Nordwind. Die grosse Standardabweichung deutet auf turbulente Bedingungen hin.

Leistung wächst quadratisch

Schweizer Unternehmen sind aktiv am weltweiten Wachstum der Windenergienutzung beteiligt

Ingenieur-Kompetenz und Fertigungsqualitäten sind zwei Kriterien, die im Export zählen. Diese Trümpfe spielen einige Schweizer Unternehmen aus, wenn es gilt, Technologien für das enorme Wachstum der Windenergiebranche zur Verfügung zu

stellen. Gleichzeitig setzen sie einen traditionsreichen Aspekt der Schweizer Wirtschaftsgeschichte fort. Die drei folgenden Beispiele belegen dies auf eindrückliche Weise.

Das andere Rotorblatt von Blatec

Moderne, leistungsstarke Windkraftanlagen beeindruckten durch ihre Grösse. Rotorblätter von beinahe 50 m Länge stehen heute bereits vielfach im Einsatz. Diese sind mehrere Tonnen schwer und belasten die Gesamtstruktur erheblich. Die durch die Rotation entstehenden Wechsellasten sowie enorme Betriebszeiten führen notwendigerweise zu gewichtssteigernden Dimensionierungszugaben. Durch die zunehmende Länge der aus zusammengesetzten Halbschalen hergestellten Rotorblätter sind beim Transport zur Anlage aufwändige Massnahmen notwendig. Ferner ist das auf die Rotorblätter wirkende Windfeld oft inhomogen (Höhenprofil), was bei unregelmäßiger Blatteinstellung pro Umdrehung der heutigen Blätter eine Ertragsminderung zur Folge hat.

Mehr Ertrag bei tieferen Investitionen

Mit der vor kurzem abgeschlossenen Konzeptentwicklung für ein neuartiges Rotorblatt hat die 1999 gegründete Blatec Blade Technologies AG in Sarnen eine innovative, andere Richtung eingeschlagen. Ferdinand Lutz, Gründer und Geschäftsführer: „Windkraftanlagen der Zukunft brauchen effizientere und leichtere Rotorblätter, um den Ertrag zu steigern und die Investitionskosten zu senken. Ein neues Rotorblatt ist gefragt, das sich den unterschiedlichen Windverhältnissen besser anpasst, dank geringem Eigengewicht Wechsellasten des Blatts und die Beanspruchung von Nabe und Turm senkt sowie aufgrund modularer Bauart kleinere Transporteinheiten ergibt.“

Das neu entwickelte Blatec-Rotorblatt besteht aus Leichtmetallrippen, die an einem Holm aus Kohlefasern befestigt werden. Über die Rippen wird eine mit Glasfasern verstärkte und daher reissfeste, dehnungsarme Folie gespannt. Diese Konstruktion wird das Rotorgewicht gegenüber konventioneller Technik um die Hälfte senken. Die Rotorblätter sind teilbar in 12 m lange Elemente, so dass ein Containertransport möglich ist, was die Überseereise und die Lieferung zum Aufstellort erleichtern würde.

Intelligentes Blatt bringt mehr Energie im Teillastbereich

Für die optimale Anpassung an die momentanen Strömungsbedingungen wird eine Verwindungsanpassung durchgeführt. Mit dieser neuartigen „Twist“-Verstellung und der bekannten Pitch-Regelung – der motorischen Verdrehung des gesamten Blattes – sollen im besonders verbreiteten Teillastbereich markant verbesserte Energieerträge resultieren. Entwicklungsziel ist ein mit Sensoren ausgestattetes „intelligentes“ Rotorblatt, das Twist und Pitch autonom optimiert.

Zurzeit plant die Blatec den Bau eines 12 m langen Rotorblatts als Prototyp, der statischen Belastungstests unterzogen wird.

Blatec Blade Technologies AG,
CH-6060 Sarnen

CNC-Bearbeitung des aus Kohlefasern gefertigten Holmstabes (oben). Exakter Zuschnitt der Hüllfolie mit Hilfe von Blechschablonen (unten).



Generatoren von Bartholdi

Der Wind auf dem Gütsch bei Andermatt erzeugt mit Hilfe eines Generators aus Koblenz Strom. Diese zentrale Einheit der neuen Windkraftanlage stammt vom Elektromaschinenbau-Unternehmen Otto Bartholdi AG, das sich neben der Produktion von Servomotoren auch auf die Entwicklung und Realisierung von grösseren Antrieben und Generatoren für Wasser- und Windenergie spezialisiert hat.

Vom Wasser zum Wind

Als Reparaturbetrieb für Elektromotoren 1956 gegründet, hat sich das Unternehmen im Laufe der Zeit auf die Fabrikation von Drehstrommotoren und später auf Gleichstrommotoren konzentriert. Vor rund 15 Jahren begann Otto Bartholdi spezielle Generatoren für kleinere Wasserkraftanlagen zu bauen. Zunächst waren es Einheiten bis ca. 3 t Gewicht, heute sind 30 t keine Seltenheit mehr.

Mit dem Direktantriebskonzept mussten verschiedene konstruktive Lösungen gefunden werden. Die hochpoligen Synchron-Generatoren arbeiten ohne Getriebe und daher weitgehend ölfrei, was besonders wichtig ist für einen minimalen Serviceaufwand.

Seit fünf Jahren befasst man sich intensiv mit Windkraftanlagen, die spezielle Rahmenbedingungen für den Generatorenbau aufweisen. Die Erfahrung mit Permanentmagnet-Erregung sowie entsprechende Anpassungen der Fabrikation, Montage und Prüfeinrichtungen haben die Otto Bartholdi AG als einen international anerkannten Partner etabliert. Vom niederländischen Produzenten von Windkraftanlagen Lagerwey kam bald ein Auftrag für 100 Generatoren, die zurzeit sukzessive hergestellt werden.

Hans-Rudolf Siegrist: Die Permanentmagnete werden präzise auf dem Rotor positioniert. Diese Technik schafft den Durchbruch zu getriebelosen Windturbinen.



Mehr Effizienz mit Permanentmagnet

Synchronmotoren in bürstenloser Technik mit Leistungen bis 1200 kW bei 27 Umdrehungen pro Minute eignen sich besonders gut für Windanlagen. Der Permanentmagnet arbeitet auch bei halber Leistung (Teillast) mit hohem Wirkungsgrad (95 %) und weist somit bei mässigen Windverhältnissen noch immer hohe Effizienz auf. Mit dem Verzicht auf ein Getriebe erhöht sich die Funktionszuverlässigkeit erheblich, wie die Erfahrungen der installierten Anlagen heute bestätigen. Die Beschädigungsgefahr durch Böen ist eliminiert. Ausserdem entfällt der Getriebelärm. Die Permanentmagnete werden mit einem Montage-roboter präzise auf dem Rotor positioniert, dann fest geschraubt und abschliessend mit einer Schutzschicht überzogen.



Der Generator wird auf dem Prüfstand der Otto Bartholdi AG getestet, bevor er auf dem Gütsch zum Einsatz kommt. Dort wird er im Stillstand geheizt, damit sich Vereisungen vermeiden lassen. Um das Eindringen von Schnee zu verhindern, ist er besonders abgedichtet.

Nicht immer ohne Hindernisse

Als KMU mit 35 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern ist die Otto Bartholdi AG stark exportorientiert. Hans-Rudolf Siegrist, Geschäftsführer: „Unsere Servomotoren werden heute in Handhabungs- und Verpackungsautomaten sowie bei Industrierobotern weltweit eingesetzt. Insgesamt haben wir einen Exportanteil von 80 – 95 %, der zunächst vor allem im EU-Raum anfällt. Unsere gelieferten Komponenten finden sich jedoch als Anlagenteil auf der ganzen Welt. Generell würden wir einfachere administrative Abläufe bei Exportaktivitäten sowie bei der Teilnahme an internationalen Entwicklungsprojekten schätzen. Ansonsten sind wir überzeugt, dass wir mit hochwertigem Konstruktions- und Fertigungs-Know-how reelle Chancen haben, uns als Nischenproduzent im internationalen Umfeld und vor allem als Partner im Bereich der erneuerbaren Energien zu bewähren.“

Otto Bartholdi AG, CH-5322 Koblenz

Umrichter der Technocon AG

Das 1995 im Technopark in Zürich gegründete Ingenieurunternehmen Technocon AG hat sich von Beginn an auch mit Windenergie beschäftigt. In Zusammenarbeit mit einer österreichischen Herstellerfirma galt es, im Rahmen eines EU-Projekts, die Leistungselektronik für Windturbinen zu entwickeln. Inzwischen ist das Team der Technocon AG an den beiden Standorten Zürich und Basel auf rund 14 Personen angewachsen und die Produktpalette breiter geworden.

Kompetenz in der Leistungselektronik

Verbesserte Eigenschaften der Halbleiter und schnellere Regelungs- und Steuerelektronik prägen die stetigen Veränderungen im Bereich der Leistungselektronik. Geschäftsführer Ralph Niederer: „Umrichter für Windanlagen müssen einige spezifische Anforderungen erfüllen. Für die Energie-Einspeisung ins Netz bestehen in den meisten Ländern strengere Vorschriften als für die umgekehrte Richtung. Oberschwingungen, Blindleistungsregelungen usw. müssen beherrscht werden, und zudem sind durch die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen enge Kostentoleranzen vorgegeben. Durch unser Know-how in der Hochleistungstechnik haben wir mit steigenden Leistungen der Windanlagen immer mehr Aufträge erhalten. Unter anderem sind wir beim gleichen Lagerwey-Projekt beteiligt, bei dem die Bartholdi AG die Generatoren liefert.“

Die Technocon AG arbeitet mit Partnerfirmen, beispielsweise mit der Rauscher + Stoecklin AG in Sissach für angepasste Schaltschränke. Auch die IGBT- oder GTO-Module zur Umrichtung werden nach Vorgaben hergestellt und montiert. Einzig Steuergeräte montiert, programmiert und prüft man selber. Die Technocon AG arbeitet eng mit der Forschung zusammen, beispielsweise wurde mit ihrer Unterstützung an der ETH Zürich eine Diplomarbeit

zur Wirkungsgradoptimierung ihrer Umrichter geschrieben. Das junge Ingenieurunternehmen liefert neben der Leistungselektronik auch Systeme zur Prozessautomation. So entwickelte man ein eigenes Steuersystem (TUCS), das auf Standard-Prozessorkarten aufgebaut ist und mit

Montage der Leistungselektronik: Beim Umrichter sind die diffizilen Elektronikteile staubdicht abgetrennt.



genormten Schnittstellen hohe Flexibilität bietet. Das TUCS (Technocon Universal Control System) ist für jede Anwendung konfigurierbar, lässt sich also für anspruchsvolle Regelungen einsetzen.



Umrichter am Wachstum beteiligt

Wind liefert kostengünstigen Strom aus erneuerbarer Energie, hat niedrige spezifische Investitionskosten und bietet ein ideales, weil quadratisches Scale-up-Verhalten. Daher können erstaunlich grosse

Leistungssprünge verzeichnet werden, die bei Offshore-Anlagen bereits den Bereich von 3 – 5 MW erreicht haben. Umrichter für Windanlagen müssen sich auch bei extremen Temperatur- und erschwerenden Umgebungsbedingungen durch eine hohe Zuverlässigkeit auszeichnen. Platzbeschränkungen sind in jedem Fall ein wichtiges Kriterium, sei die Aufstellung in der Rotorgondel oder im Turmfuss. Deshalb werden der modulare Aufbau und die kompakte Bauweise der Technocon-Umrichter besonders geschätzt.

Für die Technocon AG ist hier ein Markt als exportorientiertes Unternehmen erkennbar, in dem das fundamentale Wissen der Umrichtertechnik für das weltweite Wachstum der Windenergienutzung erfolgreich eingesetzt werden kann.

www.technocon.ch

Umrichter werden im Turmfuss oder in der Rotorgondel installiert; es müssen in jedem Fall enge Platzverhältnisse berücksichtigt werden.

ISKB für EMG

Der Interessenverband Schweizerischer Kleinkraftwerk-Besitzer (ISKB) befürwortet das EMG

An seiner Generalversammlung vom 24. April 2002 in Burgdorf hat sich der ISKB sowohl für die Ja-Parole zur September-Abstimmung zum Elektrizitätsmarktgesetz (EMG) als auch für eine aktive Unterstützung des Befürworterkomitees ausgesprochen.

Pluspunkte für die Wasserkraftnutzung

Das EMG und die entsprechende Elektrizitätsmarktverordnung weisen wichtige Pluspunkte für die Wasserkraftnutzung aus, insbesondere setzen sie Rahmenbedingungen für einen wirtschaftlichen Betrieb von kleinen Anlagen, für den Erhalt dieser dezentralen, meist seit Jahrzehnten im Einsatz stehenden Kleinkraftwerke und für eine nachhaltige Energiegewinnung. Bis zu einer Leistung von 500 kW ermöglicht das

Gesetz eine freie Durchleitung für zehn Jahre und eine klar geregelte Einspeisevergütung für den erzeugten Strom.

An der Generalversammlung erläuterte Rudolf Rechsteiner, Nationalrat und Mitglied der UREK, die Entwicklung dieser Vorlage im Parlament und zeigte die Vorteile einer Annahme sowie die Konsequenzen einer allfälligen Ablehnung auf. Der

Impuls der Strommarktöffnung kam vom Ausland, doch das Gesetz berücksichtigt die spezifische Lage der Schweiz und regelt die Netzbenutzung mit definierten Leitplanken. Erstmals wird das bestehende Netz für alle benutzbar – es entsteht eine Nationalstrasse für Strom. Damit dürfte die Verunsicherung der kleinen Stromproduzenten ein Ende haben; Sanierungen und Erneuerungen bestehender Kleinwasser-

Der Emmen-Kanal in Burgdorf treibt in mehreren Stufen Wasserturbinen der lokalen Industrie an.



Rahmenbedingungen werden erkennbar

In seiner Doppelfunktion als BFE-Programmmleiter für Kleinwasserkraftwerke und Geschäftsführer des ISKB kennt **Hanspeter Leutwiler** die aktuelle Situation der Wasserkraftnutzung aus nächster Nähe.

Ein hoher Anteil der in den vergangenen Jahren unterstützten Pilotstudien hat zu konkreten Realisierungen geführt. Wo liegt der Grund für diesen Erfolg?

Hanspeter Leutwiler: Die Sache ist vielschichtig. Interessante technische Lösungen, beispielsweise Trinkwasser-Anlagen und kostengünstigere Turbinenkonzepte, konnten verwirklicht werden, falls die spezifischen Rahmenbedingungen günstig waren. 15 Rappen pro kWh sowie der Wasserzinsersatz waren in vielen Fällen weitere wichtige finanzielle Argumente.



Hanspeter Leutwiler: Bessere Rahmenbedingungen, wie sie das EMG bieten wird, geben den Kleinwasserkraftwerken die Chancen als Stromlieferanten zurück.

Wo liegen die wesentlichen Probleme bei Kleinwasserkraftwerk-Projekten?

Zunächst sind Veränderungen der Besitzverhältnisse zu erwähnen, dann eben die Finanzierungsgpässe und langfristigen Perspektiven, ferner die teilweise hinderlichen Bewilligungsverfahren.

Wo sehen Sie konkrete Chancen für eine vermehrte Nutzung der Wasserkraft in kleineren Anlagen?

Die technischen Voraussetzungen sind vorhanden, um bestehende Anlagen zu erweitern und effizienter zu machen, Trinkwasser-Turbinen zu integrieren und be-



Toni Eberhard: Die Förderung der erneuerbaren Energie ist auch für die Kleinwasserkraftwerke von zentraler Bedeutung.

kraftwerke lassen sich so rechnen und auf eine wirtschaftliche Basis stellen.

Nachhaltiger Beitrag zur Energieproduktion

Insgesamt wird das EMG eine Aufbruchstimmung für erneuerbare Energien bewirken, die in Zukunft einen wachsenden Beitrag zur nachhaltigen Strom- und Wärmeversorgung der Schweiz beitragen.

Neben der Auseinandersetzung mit dem EMG stand an der ISKB-Generalversammlung das nicht minder brisante Thema der Zertifizierung mit dem Label „nature-made“ zur Diskussion. Die erheblichen finanziellen Mehrbelastungen für kleine Wasserkraftwerke stehen im Kontrast zu der noch unsicheren Positionierung von Ökostrom im neuen Markt. Mit der Befürwortung des EMG setzt der ISKB jedoch auch zu diesem Thema positive Akzente.

Das Kleinwasserkraftwerk von Cormoret ist wieder in Betrieb. Mit einem Revitalisierungsprogramm, bei dem auch ein neuer Feinrechen mit Lochblech montiert wurde, konnte die Anlage erhalten werden.



Revita: Cormoret liefert wieder Strom

In Cormoret im Berner Jura haben Erwerbslose unter der Leitung der Stiftung Revita (Ökozentrum Langenbruck) und mit Unterstützung durch das BFE ein still gelegtes Kleinwasserkraftwerk wiederbelebt. Ende April konnte die Anlage eröffnet werden. Erneut floss Wasser durch die sanierte, aus dem Jahr 1919 stammende Francis-Turbine. Das erstmals 1839 in den Geschichtsbüchern erwähnte

stehende Schwellen in Flussläufen zu nutzen. Da sehen wir auch die Chancen, wenn das EMG in Kraft tritt und sich die Lage für Kleinwasserkraftwerke positiv verändert.

•

Als Nationalrat und Vorstandsmitglied des ISKB hat **Toni Eberhard** eine besonders intensive Auseinandersetzung mit den Fragen ums EMG erlebt.

Welche persönliche Beziehung haben Sie zur Wasserkraftnutzung?

In Kontakt kam ich vor allem bei der Debatte zum EMG. Hier habe ich einige Anträge für die Kleinwasserkraftwerke eingebracht, die im Zusammenhang mit dem ISKB vorbereitet wurden.

Wie beurteilen Sie die Situation für kleinere Wasserkraftanlagen in der Schweiz?

Auch die kleinen Werke sind vom Preiskampf und dem Überangebot an elektrischer Energie betroffen. Erschwerend für kleinere Anlagen sind die baulichen Auflagen im Gewässerschutz und im ökologischen Bereich. Diese wirken sich, da sie auf eine kleine

Menge Elektrizität aufgerechnet werden, als Wettbewerbsnachteil aus. Die Nachfrage nach Ökostrom ist vorhanden, deshalb bietet sich hier eine zu nutzende Chance, wenn die nötigen Investitionen amortisiert werden können.

Welche Bedeutung hatte die Wassernutzung bei der EMG-Debatte im Nationalrat, im Vergleich mit anderen erneuerbaren Energien?

Die Wassernutzung hatte im Parlament eine grosse Bedeutung. Es hat sich bemüht, dass im EMG auch mit der Marktöffnung die erneuerbare Energie konkurrenzfähig bleibt.

In welcher Art und Weise kann der Bund bzw. das BFE diese Energieform optimal fördern?

Nebst guten finanziellen Rahmenbedingungen, Durchleitungsgebühren und Einspeiseentschädigungen sind die Auflagen, die bei Konzessionserneuerungen gemacht werden, die wichtigsten Einflüsse, damit die Wasserkraftnutzung mit kleineren Anlagen möglich bleibt.

*Ausbau der sanierungsbedürftigen Turbine.
(Fotos: Revita)*



Kraftwerk, das schon 1885 die örtliche Strassenbeleuchtung – als erste Gemeinde der Schweiz – speiste, konnte mit seiner Leistung von 50 kW vor dem entgeltigen Zerfall bewahrt bleiben. Während die Turbine saniert werden konnte, musste ein Grossteil der technischen Einrichtungen erneuert werden. Dabei stellt der neue Feinrechen eine Besonderheit dar, besteht er doch aus einem Lochblech, das Laub und Geschwemmels besser zurückhält als die üblichen Konstruktionen. Der Zufluss wird über eine automatische Leitschaukelsteuerung geregelt, so dass der Wasserpegel bei unterschiedlicher Wasserführung beibehalten werden kann. Dank einer projektierten Fischtreppe und Restwassererhöhung wird die Ökostromzertifizierung mit dem Label „naturemade star“ bald möglich sein. Der erzeugte Strom gelangt ins öffentliche Netz.

www.revita.ch

PowerPac ist mobil

Das Brennstoffzellen-Projekt PowerPac vereinigt Partner der Forschung und Industrie in einem zielorientierten Netzwerk

Felix Büchi

Labor für
Elektrochemie
Paul Scherrer Institut
CH-5232 Villigen

Daniel Schmid

IMES-ZPE
CLA E15.2
ETH Zentrum
CH-8092 Zürich

Alphons

Hintermann

BFE-Bereichsleiter
Brennstoffzellen

PowerPac soll ein tragbarer und mobiler Stromwandler werden. ETHZ und PSI leiten, mit Unterstützung des BFE, die grundlegenden Entwicklungen für ein optimiertes PEM-Brennstoffzellensystem. Neben den Hochschul-Forschungsstellen nehmen auch interessierte Firmen und Organisationen daran teil. Diese sollen direkt von den erreichten Ergebnissen profitieren, um die Resultate längerfristig in kommerzielle Produkte umsetzen zu können. Das Bundesamt für Energie fördert sowohl die SOFC- als auch die PEM-Brennstoffzellen-Technologien von den Grundlagen bis hin zur Vorbereitung der Markteinführung. Mit dem PowerPac-Projekt unterstützt das BFE die Entwicklung eines Prototypen mit grossen Marktchancen und hohem Potenzial für einen geeigneten Technologietransfer.

Ideale Eigenschaften für Kleingeräte

PowerPac-Systeme im Leistungsbereich von 500 – 2000 Watt sollen für mobile Geräte mit geringem Leistungsbedarf zum Einsatz kommen. Mit ihnen könnten Rasenmäher, Kettensägen aber auch kleine Elektrofahrzeuge mit Strom versorgt werden, was ein grosses Marktpotenzial verspricht. Der relativ geringe Bedarf an Wasserstoff lässt sich für diese Zwecke einfacher, ohne weit verbreitete Infrastruktur decken. Mögliche Marktchancen sind dadurch schon heute gegeben.

Netzwerkbildung für Wissenstransfer

Wichtige Entwicklungskriterien für PowerPac sind schnelles Auftanken, hoher Wirkungsgrad, tiefer Geräuschpegel und eine gewisse Modularität, um eine Produktreihe realisieren zu können. Das beim PowerPac-Projekt gebildete Netzwerk führt gezielt Unternehmen zusammen, um

gemeinsam Wissen über Brennstoffzellen-Technologien zu generieren und Know-how aufzubauen. Teil davon sind beispielsweise Veranstaltungen, wie das Seminar der SCGA am 4. Dezember 2002.

www.powerpac.ch



Brennstoffzellen-Stapel des Bresa-Projekts (1999) als Vorgänger und technologische Grundlage des PowerPac-Konzepts.

*Designstudie des PowerPac als mobile Brennstoffzelle.
(Bild: Tribecraft AG)*

Partner von PowerPac

Involvierte Firmen als Partner von PowerPac:

- Brütsch Elektronik
- MES-DEA
- Tribecraft AG
- Weidmann Plastics Technology AG.

Sonne und Holz

Sunny Woods überzeugt durch den konsequenten Einsatz von Holz und die umfassende Nutzung der Sonnenenergie

Beat Kämpfen
Architekturbüro
CH-8049 Zürich

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

Andreas Eckmanns
BFE-Bereichsleiter
Gebäude

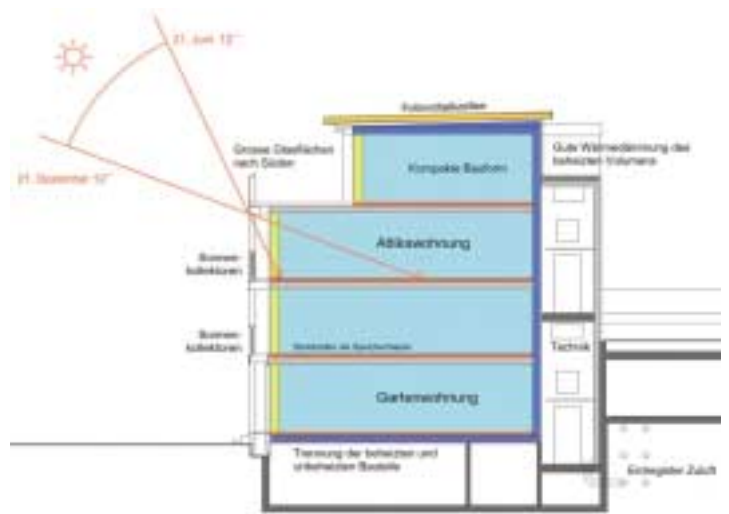
Das in Holzbauweise erstellte Sechsfamilien-Haus Sunny Woods in Zürich-Höngg vereint mehrere Besonderheiten in einem Gebäude: Es ist eines der ersten viergeschossigen Mehrfamilienhäuser in reiner Holzbaukonstruktion, weist ein Nullenergiekonzept auf, wird als Passivhaus-Standard gewertet und ist mit der grössten Photovoltaikanlage mit Dünnschichtzellen der Schweiz ausgestattet.

Konzepte für Wohnqualität

Alle sechs Wohnungen weisen 6½ Zimmer auf, haben einen direkten Zugang von aussen und sind auf hohe Wohnqualität und Individualität ausgelegt. Der beheizte Wohnteil ist als weitgehend vorfabrizierter Holzbau ausgeführt worden. Besondere Beachtung haben hierbei der Schall- und Brandschutz erhalten.

Das Energiekonzept basiert auf optimaler Wärmedämmung, einer passiven Solararchitektur, thermischen und photovoltaischen Elementen und moderner Haustechnik. Die Wärmedämmung der Fassade

beträgt rund 33 cm, womit ein U-Wert von $0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$ erreicht wird. Die Dachterrasse des Attikageschosses, die Deckenstirnen und Fensterrahmen an der Südfassade



sowie die Haustüren hat man mit 20 mm dicken Vakuumisulationsplatten versehen, um auch in diesen konstruktiv schlecht dämmbaren Bereichen eine optimale Lösung zu erreichen.

Energiekonzept des Holzneubaus von Sunny Woods.

Sanierung nach Minergie-Standard

Ziel des Wettbewerbs 2001 der Energiefachstellen der Ostschweizer Kantone und des Fürstentums Lichtenstein waren mustergültige, den Minergie-Standard erfüllende Sanierungen von grösseren Gebäuden. Anerkennung fand dabei auch das von Beat Kämpfen geplante Projekt an der Limmattalstrasse 38 in Zürich, bei dem es um die Erneuerung der Bausubstanz aus dem Jahr 1963 ging. Das Gewerbegebäude stand bereits seit 1994 leer und musste nun vollständig saniert und gleichzeitig – da heute in der Wohnzone liegend – für Wohn- und Gewerbebezüge umgebaut werden. Das Haus wurde mit einem optimierten



Die sanierte Frontseite ist mit fassadenintegrierten Kollektoren und schatten spendenden Photovoltaik-Modulen ausgestattet.

Wärmeschutz ausgestattet, so dass man mit einer Holzschnitzel-Unterschubfeuerung (55 kW), die mit Abfällen der eingemieteten Schreinerei betrieben wird, auskommt. Unterstützt wird die Heizung durch eine 52 m² grosse, fassadenintegrierte Kollektorenfläche. In den einzelnen Stockwerken erfolgt die Luftherwärmung für die kontrollierte Lüftung. Die ganzjährig besonnte Gebäudefront ist mit zusätzlichen Photovoltaik-Modulen ausgestattet, die zum einen als Fensterbeschattung im Sommer dienen, zum andern als Strahlungsreflektoren für die thermischen Kollektorenflächen wirken.



Der Schieferboden von Sunny Woods dient als Speicher für die einfallende Solarstrahlung.

Sonnenenergie vielfältig genutzt

Lage und Form des Grundstücks erlauben, die passive Sonnenenergie maximal zu nutzen. Die Räume sind nach Süden ausgerichtet und die entsprechende Fassade beinahe vollständig verglast. Dank der Dreifach-Verglasung ergibt es auch im Winter einen Solargewinn. Der schwarze Schieferbelag der Böden wirkt als Wärmespeicher im Wohnbereich. In den Balkongeländern integrierte Vakuum-Röhrenkollektoren dienen der Warmwasserbereitung.

Falls die Sonnenenergie nicht ausreicht, übernimmt eine Luft-Wasser-Wärmepumpe die Energieversorgung. Diese ist zusammen mit dem Wärmespeicher und dem Gerät für die kontrollierte Lüftung im zweigeschossigen Technikraum untergebracht. Da pro Wohnung ein Technikraum vorhanden ist, sind kurze Leitungen zu den Verbrauchsstellen möglich, was die Verluste minimiert und hohen Komfort bietet. Zudem wird die Eigenverantwortlichkeit und das Verständnis der Bewohner für alternative Technologie gefördert.

Ganzheitliche Architektur vom BFE unterstützt

Sunny Woods zeigt exemplarisch auf, wie verschiedene neue Elemente der Bau- und Energietechnik in eine ganzheitliche Architektur integriert werden können. Das Bundesamt für Energie hat das energetisch nach Passivhaus-Standard zertifizierte Mehrfamilienhaus des Architekten Beat Kämpfen als Pilot- und Demonstrationsprojekt unterstützt.

Internet-Links

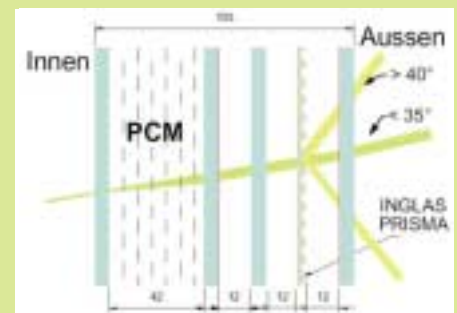
Alles zum Thema Passivhaus
www.passivhaus-info.de

Neueste Informationen zum Minergie-Standard und dessen Weiterentwicklung
www.minergie.ch

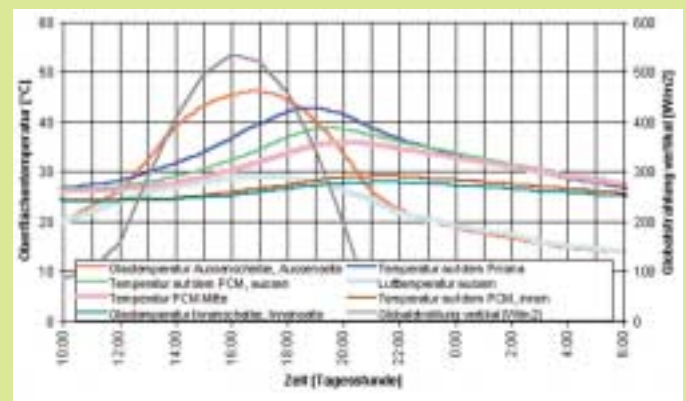
In der Wand Wärme speichern

Die Idee der Massenspeicherwand mit vorgelagerter Verglasung ist zwar nicht neu, hat jedoch mit der vom BFE unterstützten Entwicklung eines Wärmespeicherelements mit innovativen Materialien eine Renaissance erfahren. Das geschaffene System wirkt zugleich als transparente Wärmedämmung, Absorber, thermischer Energiespeicher und Überhitzungsschutz. Hinter der Isolierverglasung mit Argon-Füllung sind Behälter aus Polypropylen platziert, die mit Paraffin gefüllt sind. Bei genügend Sonnenschein wird das System geladen: das Paraffin erwärmt sich und schmilzt auf tiefem Temperaturniveau. Durch den Phasenwechsel von fest zu flüssig (im Temperaturbereich von 27 – 35 °C) kann Paraffin zehnmal mehr Energie als Beton aufnehmen. Wird weniger Energie eingestrahlt als passiv abgegeben, entlädt sich das System. Die eingelagerte

Solarspeicherwand mit Prisma-Schicht, die als Überhitzungsschutz im Sommer dient.



Wärmeenergie wird phasenverschoben an das Gebäude abgegeben. Das mit dem Solarpreis 2001 (Kategorie „Bestintegrierte Anlagen“) ausgezeichnete Solarhaus III in Ebnet-Kappel weist eine Südfassade mit 62 % dieser Struktur auf.



Phasenverschiebung der abgegebenen Wärmeenergie.

Die zweitäußere Prisma-Glasschicht reflektiert die steil einfallende Sommersonne und lässt die flache Wintersonne durch. Sie wirkt so als Überhitzungsschutz. Eine zusätzliche Beschattung (z.B. Storen) erübrigen sich.

www.solaragency.org
www.inglas.de

Dynamisch testen

Forschungsprojekt zeigt die Durchführung eines erweiterten Wärmepumpentests

Martin Zogg

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

Fabrice Rognon

BFE-Bereichsleiter
für Umgebungs-
wärme, Wärme-
Kraft-Kopplung und
Kälte

Die Anpassung der von der Wärmepumpe abgegebenen Wärme an den Heizwärmebedarf erfolgt in der Regel durch taktenden Betrieb. Dabei entstehen Verluste, bis alle Wärmepumpen-Komponenten wieder auf Betriebstemperatur aufgeheizt sind. Bei einer taktenden Wärmepumpe tritt also eine verminderte Wärmeleistung ein gegenüber jener bei unterbrechungsfreiem, stationärem Betrieb. Diese Reduktion ist nicht vernachlässigbar, wie fälschlicherweise oft angenommen wird. Bild 1 illustriert dies anhand des Messergebnisses an einer handelsüblichen 10-kW-Wärmepumpe. Man erkennt, dass die ausgemessene Wärmepumpe beispielsweise bei einer Laufzeit von 0,4 Stunden mit einer anschliessenden Stillstandszeit von 3,6 Stunden eine reduzierte Wärmeleistung gegenüber dem stationären Wärmepumpenbetrieb von über 7% aufweist.

Mathematisches Modell erfasst Minderproduktion

Die Abhängigkeiten der verminderten Nutzwärmeleistung, die durch das An- und Abstellen der Wärmepumpe verursacht wird, gegenüber dem stationären Dauerbetrieb sind noch wenig erforscht. In der ersten Phase des Forschungsprojekts zur Entwicklung von Messverfahren für den dynamischen Wärmepumpentest wurden die nach dem An- und Abstellen ablaufenden physikalischen Vorgänge erfasst, modelliert und durch Simulationsrechnungen nachgebildet. So entwickelte man für den transienten Verlauf der von der Wärmepumpe abgegebenen Wärmeleistung auch einen mathematischen Modellansatz zur Erfassung der Minderwärmeproduktion. Er besteht aus dem Produkt der maximalen Minderwärmeproduktion und einem von den Lauf- und Stillstandszeiten abhängigen Korrekturfaktor. Die maximale Minderwärmeproduktion ergibt sich beim Wiedereinschalten nach unendlich langer Stillstandszeit. Sie ist von der Quellen- und der Senkeneintrittstemperatur sowie der Um-

gebungstemperatur am Wärmepumpen-Standort abhängig. Der Korrekturfaktor ist eine Funktion der relativen Laufzeit (Laufzeit/Zykluszeit), der relativen Anfahrzeitkonstanten (Anfahrzeitkonstante/Zykluszeit) und der relativen Abstellzeitkonstanten (Abstellzeitkonstante/Zykluszeit). Diese total fünf Parameter des Modells sind durch Versuche zu bestimmen. Soweit sich aus den bisherigen Versuchen schliessen lässt, vermag es die Abhängigkeit der relativen Minderwärmeproduktion von den erwähnten Einflussgrössen mit genügender Genauigkeit wiederzugeben.

Schlussberichte:

Dynamischer
Wärmepumpentest,
Phase 1: Modell-
ansatz für die prüf-
technische Charakte-
risierung der Minder-
produktion;

E. Shafai, D. Zogg,
M. Ehrbar, L. Wirth;
2000, BFE.

Phase 2: Validierung
des Modellansatzes
und Entwicklung
einer Prüfprozedur;

B. Hubacher,
M. Ehrbar;
2001, BFE.

Download der
Berichte: www.waermepumpe.ch/fe
oder
Bestellung: www.energieforschung.ch
(ENET-Publikationen,
Nr. 200145 und
Nr. 210127)

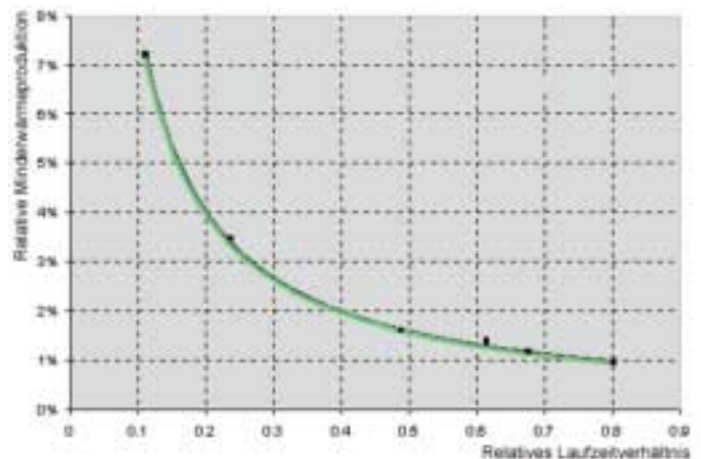


Bild 1

Verlauf der relativen Minderwärmeproduktion (Minderwärmeproduktion/Wärmeleistung bei stationärem Betrieb während einem ganzen Zyklus) in Abhängigkeit der relativen Laufzeit (Laufzeit/Zykluszeit) für eine Zyklusdauer von 4 Stunden. (Quelleneintrittstemperatur -10°C , Senkeneintrittstemperatur 35°C).

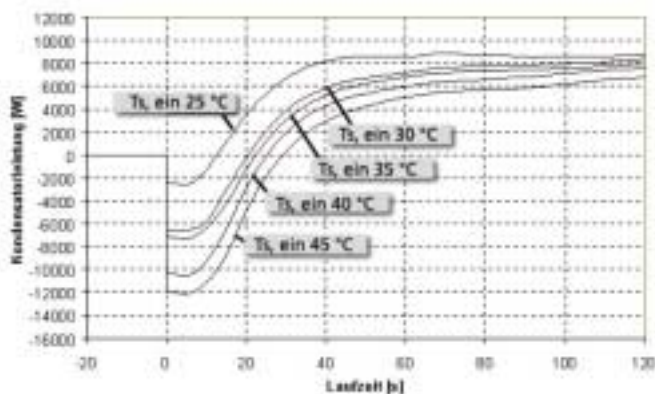


Bild 2

Gemessener Heizleistungsverlauf (Kondensatorleistung) beim Anfahrvorgang für unterschiedliche Eintrittstemperaturen des Rücklaufs des Wärmeverteilungssystems (Wärmesenke). Eintrittstemperatur der Wärmesenke von 0 °C nach sehr langen Stillstandszeiten, Laufzeit 8 Stunden, Zyklusdauer 15 Stunden.

Validierung mit Wärmepumpen-Versuchen

In der 2-teiligen Phase 2 dieses Forschungsprojektes wurde zunächst das mathematische Modell für die Minderleistung durch umfangreiche Versuche an einer handelsüblichen 10-kW-Wärmepumpe validiert. Die Bilder 2 und 3 geben einige der zahlreichen Versuchsergebnisse wieder. Sie zeigen, dass der instationäre Anfahrvorgang (wesentliche Änderung der von der Wärmepumpe abgegebenen Wärmeleistung) innerhalb einiger Minuten erfolgt. Je nach Eintrittstemperatur der Wärmesenke (Rücklauf des Heizungssystems) kommt es unmittelbar nach dem Einschalten der Wärmepumpe sogar zu einer Wärmeentnahme aus dem Heizungssystem (Bild 2). Diese Tatsache verdeutlichen die Bereiche mit negativen Kondensatorleistungen. Einfluss auf den zeitlichen Verlauf der Heizleistung nach dem Einschalten und damit auf die Minderwärmeproduktion haben die Zyklus- und Laufzeiten (Beispiel in Bild 3) sowie die Wärmequellentemperatur.

Neues Testprozedere

Im zweiten Teil wurde ein möglichst einfaches Testprozedere zur experimentellen Bestimmung der fünf Parameter des Modells

entwickelt und an der Wärmepumpe erprobt. Das Prüfprozedere umfasste folgende Schritte:

- Vollständiges Auskühlen der Wärmepumpe (ca. 8 h)
- 1. Anfahrversuch bei Quelleneintrittstemperatur -10 °C und Senkeneintrittstemperatur 25 °C (Zeitbedarf ca. 1 h)
- Vollständiges Auskühlen der Wärmepumpe (Zeitbedarf ca. 8 h)
- 2. Anfahrversuch bei Quelleneintrittstemperatur -10 °C und Senkeneintrittstemperatur 45 °C (Zeitbedarf ca. 1 h)
- Messungen in taktendem Betrieb: je 5 Zyklen (Zeitbedarf ca. 30 h)
- Vollständiges Auskühlen der Wärmepumpe (Zeitbedarf ca. 8 h)
- 3. Anfahrversuch bei Quelleneintrittstemperatur 10 °C und Senkeneintrittstemperatur 45 °C (Zeitbedarf ca. 1 h)

Rahmenbedingungen für optimalen Testablauf

Zur Vereinfachung wurde auf das Erfassen der Verdampfervereisung und des Abtauens verzichtet. Der Testablauf liefert deshalb eine minimale Minderwärmeproduktion – im realen Betrieb mit Vereisung ist sie höher (zusätzliche Wärmekapazität der Eisschicht, tiefere Betriebstemperatur des Verdampfers). Der Test muss deshalb mit entfeuchteter Luft durchgeführt werden. Das Einhalten aller Randbedingungen ist beim Prüfen infolge gegenseitiger Beeinflussungen von Komponenten der Versuchsanlage und der Wärmepumpe aufwändig. Besonders schwierig ist das Beibehalten einer konstanten Temperatur der Klimakammer (als Wärmequelle) unmittelbar nach dem Einschalten der Wärmepumpe.

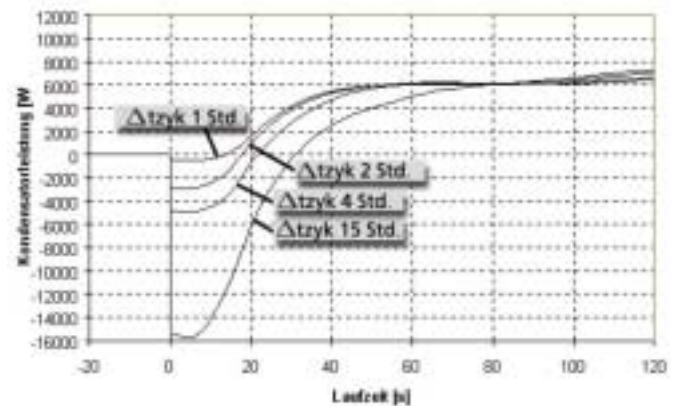


Bild 3

Gemessener Heizleistungsverlauf beim Anfahrvorgang für unterschiedliche Zykluszeiten bei einer relativen Laufzeit von 0.5 (Laufzeit = Stillstandszeit). Eintrittstemperatur der Wärmequelle 0 °C; Eintrittstemperatur der Wärmesenke 45 °C. (Grafiken aus Schlussbericht, Phase 2)

Eine weitere Erschwernis folgt aus der Ermittlung der Minderwärmeproduktion als Differenz zwischen zwei grossen Werten (Wärmeproduktion bei stationärem Betrieb – effektive Wärmeproduktion). Dies erfordert eine hohe Messgenauigkeit für die Wärmeproduktion. Schliesslich sind auch die mit üblichen thermostatischen Expansionsventilen zu beobachtenden sinusartigen Schwankungen der Heizleistung zu bewältigen.

Mit den entsprechenden Vorbereitungen am Prüfstand erfordert das beschriebene Testprozedere einen gegenüber dem Wärmepumpentest nach EN 255 zusätzlichen Zeitbedarf für diesen dynamischen Wärmepumpentest von ca. 65 Stunden. Die Minderleistung beim Taktten ist aber ein bisher nicht erfasstes Qualitätsmerkmal einer Wärmepumpe, das nicht unerheblich ist. Der dynamische Wärmepumpentest würde eine zuverlässigere Auslegung von Wärmepumpen-Heizungssystemen durch Computersimulationen ermöglichen (Taktverluste können bisher nicht korrekt erfasst werden). Es ist deshalb zu hoffen, dass dieser Test trotz des erheblichen Mehraufwands in der Praxis Eingang finden wird.

Autor: Martin Zogg

Realitätsnahe Forschung im PROTEUS

Im Forschungsreaktor des PSI werden Daten gewonnen, die neue Konzepte für Leichtwasserreaktoren unterstützen

Fabian Jatuff

Projektleiter
LWR-PROTEUS
Paul Scherrer Institut
CH-5232 Villigen

J. Peter

Hosemann

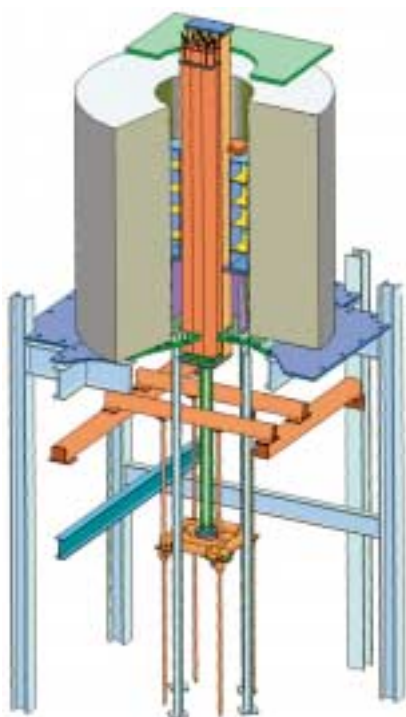
Programmleiter
Nukleare Sicherheit
und Entsorgung
Paul Scherrer Institut
CH-5232 Villigen

Christophe

de Reyff

BFE-Bereichsleiter
Kernenergie

*Schnitt durch den
Forschungsreaktor
PROTEUS am Paul
Scherrer Institut
(PSI).*



Reaktorphysikalische Forschungs- und Entwicklungsprogramme dienen dem zuverlässigen und wirtschaftlichen Betrieb von Kernkraftwerken. Dazu gehören auch Untersuchungen zu innovativen Reaktor- und Kernbrennstoff-Konzepten und die entsprechende Erarbeitung zuverlässiger Daten. Voraussetzung hierfür ist, dass man neutronenphysikalische Vorgänge in einem Versuchsreaktor genau nachbilden kann. Mit Hilfe reaktorphysikalischer Simulationsexperimente trägt man auch zur Förderung und Weiterbildung von Fachleuten bei.

Ein Forschungsreaktor steht im Mittelpunkt

Wenn in gegenwärtigen Leichtwasserreaktoren (LWR) verschiedene Betriebsparameter für eine wirtschaftlichere Ausnutzung der Brennelemente durch Erhöhung der thermischen Leistung und des Abbrandes geändert werden sollen, müssen zunächst entsprechende Auslegungsrechnungen durchgeführt werden.

Diese werden im Labor für Reaktorphysik und Systemverhalten des Paul Scherrer Instituts im Forschungsreaktor PROTEUS experimentell überprüft und nach Möglichkeit bestätigt. Das hierfür in Zusammenarbeit mit der Elektrizitätswirtschaft entwickelte und von ihr finanziell mitgetragene

Experimentalprogramm LWR-PROTEUS hat seit seinem im Jahr 1996 erfolgten Start wichtige Resultate erbracht.

PROTEUS ist ein Forschungsreaktor, der durch die Kernspaltung praktisch keine Wärmeleistung abgibt (etwa 1 kW), aber hinreichend viele Neutronen für neutronenphysikalische Experimente erzeugt. Der Reaktor zeichnet sich durch eine hohe Flexibilität für die Untersuchung unterschiedlicher Reaktorsysteme aus. Der zylindrische Innenteil bildet die eigentliche Testzone. Da diese nicht in der Lage ist, eine Kettenreaktion selbständig aufrechtzuerhalten, wird sie von zwei Treiberzonen umgeben, in denen sich auch alle Steuerstäbe und die notwendige betriebliche Instrumentierung befinden. Dazwischen liegt eine Pufferzone mit Stäben aus metallischem Natur-Uran. Diese Anordnung hat den Vorteil, dass unterschiedlichste Bedingungen, wie sie bei Leistungsreaktoren bestehen, für realistische Prüfprogramme nachgebildet werden können.

Bisherige physikalische Daten müssen erneuert werden

LWR sind weltweit als Siedewasserreaktoren oder als Druckwasserreaktoren im Einsatz. Die Kernkraftwerke Leibstadt und Mühleberg haben Siedewasser-, Beznau und Gösgen hingegen Druckwasserreaktoren.

Neben dem Brennstoffmanagement und der Reaktorbeladung in Anlagen mit LWR wurden auch die Brennelemente selbst viel komplexer. Die Rechencodes sind für solche Konzepte nicht validiert und die bisherige experimentelle Datengrundlage reichte für sie nicht mehr aus. Es bestand Bedarf nach einer aktualisierten Überprüfung von modernen Brennelement- und Kernauslegungskonzepten. Das Projekt LWR-



*Resultat der ersten
Projektphase war
die Validierung
von detaillierten
Leistungsverteilungen
unter den
einzelnen Brennstäben.*

PROTEUS trägt diesem Bedarf mit verschiedenen Forschungsphasen Rechnung.

Neue Brennelemente kommen zuerst in den PROTEUS

Ein wesentlicher Aspekt der ersten Projektphase war die Untersuchung von authentischen frischen Brennelementen im PROTEUS, die anschliessend in einem Schweizer Kernkraftwerk eingesetzt wurden. Dies hat nicht nur den PROTEUS-Untersuchungen ein grosse Nähe zur Realität verliehen, sondern bot auch wirtschaftliche Vorzüge, da die üblichen Versorgungs- und Entsorgungskosten für den Brennstoff in der Testzone vermieden werden konnten.

Im Jahre 2000 wurde die erste Projektphase abgeschlossen. Neun Siedewasserreaktor-

Höhen arretiert werden konnten. Ein wichtiges Resultat der ersten Projektphase war die Validierung von detaillierten Leistungsverteilungen unter den einzelnen Stäben des SVEA-Elements.

Abgebrannter Brennstoff gibt Aufschluss

Vor einem Jahr wurde mit der zurzeit laufenden zweiten Phase begonnen. In ihr befasst man sich nun mit abgebrannten Brennstäben des Kernkraftwerks Gösgen. Höhere Ausnutzungsraten des Brennstoffs weisen wirtschaftliche Vorteile auf, bewirken jedoch eine höhere Konzentration von Spaltprodukten mit mehr radioaktiver Strahlung. Diese aber bedingt vermehrte Sicherheitsmassnahmen bei Zwischenlagerung und Transport der Brennelemente.

Die Prüfung der bestrahlten Brennstäbe, die im Hot-Labor des PSI erfolgt, umfasst Sichtkontrollen, Fotoaufnahmen der Oberflächen und Messung der geometrischen Veränderungen der Brennstäbe. Die chemischen und physikalischen Analysen zur Bestimmung der Isotopen-Zusammensetzung umfassen die Auflösung einzelner Brennstofftabletten zur Bestimmung von 17 verschiedenen Aktiniden und mehr als 26 Spaltprodukten. Anschliessend werden Reaktivitätstests im PROTEUS durchgeführt. Dabei werden 40 cm lange Segmente der

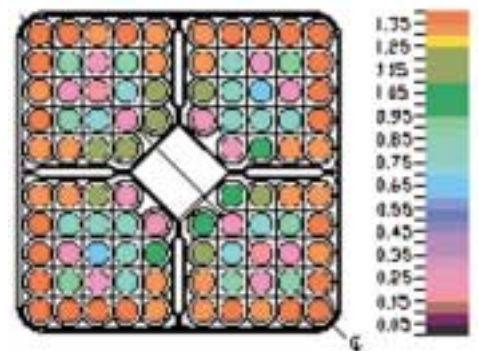
Brennelemente unter Reaktorbedingungen geprüft und mit einer Reihe von Referenz- und Eichstäben verglichen. Ziel dieser zweiten Phase im Projekt LWR-PROTEUS ist die Aufstellung einer Datenbasis zur Hochabbrand-Physik, wodurch die rechnerischen Unsicherheiten beim Brennstoffmanagement wesentlich reduziert werden könnten.

Weitere Projektphasen in Vorbereitung

Das Forschungsprogramm am PROTEUS sieht weitere Meilensteine vor. Die geplante dritte Phase ist geprägt von Experimenten mit fortschrittlichen Brennstoffen und Brennelementanordnungen für LWR, die mittelfristig in der Schweiz zum Einsatz kommen könnten. So werden z.B. neue Konzepte zum Einsatz von Plutonium in



Brennelemente vom Typ Westinghouse SVEA-96+ mit besonders komplexer Geometrie wurden in einer 3x3-Anordnung untersucht. Obwohl die Brennelemente 4,5 m lang waren und der aktive Wirkbereich des PROTEUS weniger als 2 m hoch ist, konnten Messungen der Elemente über ihre gesamte Länge durchgeführt werden, indem sie mit einer Hebebühne vertikal durch die Testzone bewegt und in verschiedenen



Typische heterogene Leistungsverteilung im zentralen Brennelement SVEA-96+. Der Vergleich der gemessenen, mit CASMO-4 berechneten Leistungsverteilung zeigt eine hohe Genauigkeit (rms 1.1 %, max. 2.5 %, min. -3.0 %)

Internet-Links

Das Paul Scherrer Institut forscht interdisziplinär
<http://www.psi.ch>

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

Labor für Reaktorphysik und Systemverhalten
<http://lrs.web.psi.ch>

PROTEUS-Forschungsprogramm im Überblick
<http://proteus.web.psi.ch>

LWR untersucht. Es geht dabei um die experimentelle Bestätigung von Studien über die Verbrennung von vorhandenen Plutoniumbeständen in Brennstäben, die kein Uran enthalten. Dadurch wird die Neubildung von Plutonium vermieden. Uranfreie Brennstäbe (Inert Matrix Fuel) werden am Paul Scherrer Institut entwickelt (vgl. ENET-NEWS Dezember 2001). Die zukünftigen Experimente stehen auch in engem Zusammenhang mit Ausbildungsmöglichkeiten für Diplomanden und Doktoranden.

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

Chemische Speicherung

IEA Agreement of the production and utilization of hydrogen, Annual report 2000; Elam Carolyn C.; 12.2000, EN; 97 p.; F&E; Sfr. - Nr. 200298

Task 12: Metal Hydrides and Carbon for Hydrogen Storage, IEA Final Task Report; Sandrock Gary; 12.2001, EN; 132 p.; F&E; Sfr. - Nr. 210230

Gebäude

Solargebäude – Strategien und Erfahrungen des energieoptimierten Bauens, Jahresbericht; Kaiser Y.; 12.2000, DE; 2 S.; F&E; Sfr. - Nr. 200316

Wärmelasten transparenter Bauteile und Sonnenschutzsysteme, Bericht; Simmler H.; Binder B.; Vonbank R.; 12.2000, DE; 69 S.; F&E; Sfr. 30.00 Nr. 200317

Luftkanal-Wärmetauscher, Schlussbericht; Huber H.; Helfenfinger D.; Manz H.; Hochschule für Technik+Architektur; 09.2000, DE; 35 S.; F&E; Sfr. 20.00 Nr. 200318

Temperatur- und Feuchteübertragungsverhalten von Wärmerückgewinnern im Teillastbetrieb, Schlussbericht; Furter R.; Keller P.; Hochschule für Technik + Architektur; 12.2000, DE; 25 S.; F&E; Sfr. 15.00 Nr. 200319

Solargebäude – Strategien und Erfahrungen des energieoptimierten Bauens, Jahresbericht; Kaiser Y.; Büro SonnenArchitektur; 12.2000, DE; 2 S.; F&E; Sfr. - Nr. 200320

Messprojekt „Mehrfamilien-Passivhaus mit solarem Luftsystem“, Jahresbericht; Gütermann Andreas; Amena AG; 12.2000, DE; 8 S.; F&E; Sfr. - Nr. 200321

Praxisnahe Validierung von Simulationsprogrammen, Jahresbericht; Zweifel Gerhard; Achermann Matthias; Hochschule für Technik+Architektur; 12.2001, DE; 6 S.; F&E; Sfr. - Nr. 210281

Daylighting Buildings in the 21st Century; IEA Solar Task 31, Rapport annuel; Morel Nicolas; Scartezzini Jean-Louis; EPFL/LESO-PB; 12.2001, FR; 4 p.; F&E; Sfr. - Nr. 210283

SOLURBAN, Optimisation du potentiel d'utilisation de l'énergie solaire en milieu urbain, Rapport annuel; Scartezzini Jean-Louis; Compagnon Raphaël; EPFL/LESO-PB; 12.2001, FR; F&E; Sfr. - Nr. 210284

Integration von kombinierten PV- und thermischen Kollektoren in Gebäudesystemen, Jahresbericht; Kropf Sven; ETH - Institut für Hochbautechnik; 12.2001, DE; 5 S.; F&E; Sfr. - Nr. 210285

MINERGIE und Passivhaus: Zwei Gebäudestandards im Vergleich, Jahresbericht; Binz A.; Haas A.; Viridén K.; Althaus H.; Moosmann A.; Wydler J.; Fachhochschule beider Basel; 12.2001, DE; 5 S.; F&E; Sfr. - Nr. 210286

MINERGIE und Passivhaus: Zwei Gebäudestandards im Vergleich, Schlussbericht; Binz A.; Moosmann A.; Viridén K.; Wydler J.; Haas A.; Althaus H.-J.; Fachhochschule beider Basel; 03.2002, DE; 129 S.; F&E; Sfr. 50.00 Nr. 210024

Développement d'une méthode de planification pour optimiser l'utilisation de l'énergie solaire dans les bâtiments (Optimisation of solar energy use in large non residential buildings IEA SHC Task 23), Rapport annuel; Jaboyedoff Pierre; Sutter Werner; Sorane SA; 12.2001, FR; 5 p.; F&E; Sfr. - Nr. 210287

Planungsrichtlinie für solare Luftheizsysteme, Jahresbericht; Filleux Charles; Gütermann Andreas; Basler & Hofmann AG, Ingenieure; 12.2001, DE; 5 S.; F&E; Sfr. - Nr. 210288

Ecoinvent 2000 Überarbeitung und Ergänzung der Ökoinventare für Energiesysteme, Jahresbericht; Dones Roberto et. al.; Paul Scherrer Institut (PSI); 12.2001, DE; 6 S.; F&E; Sfr. - Nr. 210289

Ecoinvent 2000 Überarbeitung und Ergänzung der Ökoinventare für Energiesysteme; Technische Ergänzungen zum Jahresbericht 2001, Jahresbericht; Dones R.; Gantner U.; Heck T.; Faist M.; Frischknecht R.; Jungbluth N.; Bauer C.; Burger B.; Schmocker A.; Paul Scherrer Institut (PSI); 12.2001, DE; 29 S.; F&E; Sfr. 15.00 Nr. 210290

Ökologische Optimierung von Solargebäuden über deren Lebenszyklus, Jahresbericht; Filleux Charles; Fotsch Pascal; Lalive d'Epinay Annick; Basler & Hofmann AG, Ingenieure; 12.2001, DE; 5 S.; F&E; Sfr. - Nr. 210291

Einblasdämmstoff aus Faserhanf und Grasfasern, Jahresbericht; Hersener J.-L.; Keller A.; Eidg. Forschungsanstalt (FAT); 12.2001, DE; 8 S.; F&E; Sfr. - Nr. 210292

High Performance Thermal Insulation in Buildings (IEA ECBSC Annex 39 – Vorphase), Jahresbericht; Erb M.; Eicher Hp.; Binz A.; Dr. Eicher + Pauli AG; 12.2001, DE; 6 S.; F&E; Sfr. - Nr. 210293

Vakuum-Dämmsysteme im Baubereich: Basisprojekt Systeme und Applikationen, Jahresbericht; Binz A.; Eicher H.; Moosmann A.; Erb M.; Nussbaumer B.; Fachhochschule beider Basel; 12.2001, DE; 4 S.; F&E; Sfr. - Nr. 210294

Messung und Simulation von transparenten Bauteilen mit Sonnenschutz, Jahresbericht; Simmler Hans; EMPA Abt. 176; 12.2001, DE; 7 S.; F&E; Sfr. - Nr. 210295

Messung und Beurteilung der Luftdichtigkeit von Niedrigenergiehäusern, Jahresbericht; Tanner Christoph; EMPA; 12.2001, DE; 2 S.; F&E; Sfr. - Nr. 210296

Wärmebrückenatlas WBB 2000 (Hauptprojekt), Jahresbericht; Kersten Thorsten; Schmidli Walter; Infomind GmbH; 12.2001, DE; 5 S.; F&E; Sfr. - Nr. 210297

Richtlinie für Gebäude mit hohem Glasanteil, Jahresbericht; Baumgartner Thomas; Brühwiler Daniel; Brunner Conrad U.; Frank Thomas; Steinemann Urs; Schneiter Paul; 12.2001, DE; 4 S.; F&E; Sfr. - Nr. 210298

Herstellung hochisolierender Keramik-Dämmstoffe, Schlussbericht Vorstudie; Damani M.; EMPA; 01.2001, DE; 21 S.; F&E; Sfr. 15.00 Nr. 210299

Commissioning of Building HVAC Systems for Improvement of Energy Performance, Jahresbericht; Chuard J.-M.; Enerconom AG; 12.2001, DE; 5 S.; F&E; Sfr. - Nr. 210300

Demonbat, Jahresbericht; Krauss Jens; Centre Suisse d'Electronique; 12.2001, DE; 4 S.; F&E; Sfr. - Nr. 210301

ATEMAC – Application des Traceurs Passifs pour l'Étude des Mouvements d'Air et de Contaminants, Rapport final; Roulet Claude-Alain; EPFL/LESO-PB; 12.2001, FR; 11 p.; F&E; Sfr. 15.00 Nr. 210302

Einzelraumlüftungsgeräte mit Wärmerückgewinnung, Zusammenfassung des Schlussberichts; Manz H.; EMPA; 01.2001, DE; 13 S.; F&E; Sfr. 15.00 Nr. 210303

Low Energy Housing in Ticino, Annual Report; Pahud Daniel; Generelli Milton; Velti Aldo; Laboratorio di energia (LEEE); 12.2001, EN; F&E; Sfr. - Nr. 210304

Planungsrichtlinie für solare Luftheizsysteme, Jahresbericht; Filleux Charles; Gütermann Andreas; Basler & Hofmann AG, Ingenieure; 12.2001, DE; 5 S.; F&E; Sfr. - Nr. 210310

Thermisch optimierte Unterkonstruktionen für hinterlüftete Fassaden, Bericht der Wettbewerbsjury; Binz Armin; Hofer Peter; Nützi Hans-Peter; Schneiter Paul; Zimmermann Mark; Fachhochschule beider Basel; 01.2001, DE; 23 S.; F&E; Sfr. 15.00 Nr. 210311

Ein- und Ausgabeprogramm für Berechnung des jährlichen Energiebedarfs von Lüftungstechnischen Anlagen gemäss SWKI-Richtlinie 95-3, Studie; SWKI; Exacon; HTA Luzern; 12.2001, DE; 41 S.; F&E; Sfr. 20.00 Nr. 210312

Projekt Sunny Woods: ein Null-Heizenergiehaus am Stadtrand von Zürich, Jahresbericht; Naef René; Kämpfen Beat; Naef Energietechnik; 12.2001 DE; 6 S.; P&D; Sfr. - Nr. 210305

Feuerung und Verbrennung

Forschungsprogramm Feuerung und Verbrennung, Jahresbericht 1992 der Forschungsprojekte; Hintermann A.; 08.1993, DE; 152 S.; F&E; Sfr. 60.00 Nr. 200291

EWG (Energiewirtschaftliche Grundlagen)

Energieperspektiven Teil Verkehr, Szenario IV, Schlussbericht; Infrac; Prognos AG; 05.1997, DE; 35 S.; F&E; Sfr. 20.00 Nr. 200292

Biomasse

Test of different biomass into the IISc open top co-current gasifier, Giordano P.; Hasler P.; Dasappa S.; Xylowatt SA; 12.2001, EN; 36 p.; F&E; Sfr. 20.00 Nr. 210216

Partikelemissionen aus Holzfeuerungen; Untersuchung der Partikelfrachten in Holzfeuerungsabgasen unter Praxisbedingungen, Feldmesskampagne; Wieser Ueli; Gaegauf Christian; Macquat Yves; Oekozentrum Langenbruck; 07.2001, DE; 32 S.; F&E; Sfr. 20.00 Nr. 210221

Herstellung und Eigenschaften von Holzpellets als Brennstoff, Jahresbericht; Nussbaumer Thomas; Ing. Büro Verenum; 12.2001, DE; 6 S.; F&E; Sfr. - Nr. 210231

Grundlagen der Aerosolbildung bei Holzfeuerung, Jahresbericht; Oser Michael; Ing. Büro Verenum; 12.2001, DE; 9 S.; F&E; Sfr. - Nr. 210233

Partikelemissionen aus Holzfeuerungen, Jahresbericht; Gaegauf Christian; Wieser Ulrich; Macquat Yves; Oekozentrum Langenbruck; 12.2001, DE; 9 S.; F&E; Sfr. - Nr. 210234

Auslegungsgrundlagen für Holzfeuerungen, Jahresbericht; Nussbaumer Thomas; ETH Institut für Energietechnik; 12.2001, DE; 1 S.; F&E; Sfr. - Nr. 210235

Auslegung und Optimierung von Holz-Speicheröfen für Einzelraum- und Ganzhausheizungen, Jahresbericht; Gaegauf Christian; Huber Heinrich; Chiquet Claude; Oekozentrum Langenbruck; 12.2001, DE; 4 S.; F&E; Sfr. - Nr. 210236

Entwicklung neuartiger Holz-Hybridheizsysteme, Jahresbericht; Huber Heinrich; Meierhans Daniel; Hochschule für Technik+Architektur; 12.2001, DE; 5 S.; F&E; Sfr. - Nr. 210237

IEA Task 33, Thermal Gasification of Biomass, Jahresbericht; Bühler Ruedi; Umwelt und Energie; 12.2001, DE; 6 S.; F&E; Sfr. - Nr. 210239

Teer- und Partikelmessung gemäss Tar Protocol, Jahresbericht; Nussbaumer Thomas; Ing. Büro Verenum; 12.2001, DE; 4 S.; F&E; Sfr. - Nr. 210240

Erstellen einer Kondensationsanlage an der Holzfeuerung Wärmeverbund Schwanden, Jahresbericht; Bertozzi L.; Baumgartner H.; Gemeinde Schwanden; 12.2001, DE; 4 S.; F&E; Sfr. - Nr. 210249

Öko-Siedlung Melchrüti Wohnpark Balance Wallisellen, Jahresbericht; Naef René; Huber Arthur; Naef Energietechnik; 12.2001, DE; 10 S.; P&D; Sfr. - Nr. 210307

Energetische Sanierung einer grossen Wohnsiedlung Baugenossenschaft Waidmatt, Zürich, Jahresbericht; Hässig Werner; Basler & Hofmann AG; Ingenieure; 12.2001, DE; 3 S.; P&D; Sfr. - Nr. 210308

Integration einer konvektiven Fassade in ein Heimatschutzobjekt, Jahresbericht; Gütermann Andreas; Amena AG; 12.2001, DE; 7 S.; P&D; Sfr. - Nr. 210309

Blockheizkraftwerke (BHKW)

Rechenumgebung im Energiebereich; Organisation und Durchführung eines Workshops sowie Formulieren der Anforderungen an die Rechenumgebung, Bericht; Duppenhaler A.; Kohler T.; Byron Informatik AG; 12.1994, DE; 97 S.; F&E; Sfr. 40.00 Nr. 200294

Wind

La prise en compte de l'énergie éolienne dans les plans directeurs et les plans d'affectation, Rapport final; Soguel R.; Henz H.R.; Metron AG; 12.2001, FR; 65 p.; F&E; Sfr. 20.00 Nr. 210218

Optimierung eines Gleichstromvergaser im industriellen Massstab für die Vergasung von feuchten Holzschnitzeln und Altholz und Entwicklung der trockenen Gasreinigung, Jahresbericht; Meyer B.; Mörgeli R.; Gürber H.; PYROFORCE Energietechnik AG; 12.2001, DE; 8 S.; F&E; Sfr. - Nr. 210250

Biomasse Aktivitäten und Projekte 2001, Überblicksbericht und Jahresbericht 2001 der Programmleiter; Binggeli Daniel; Rügsegger Martin et al; 02.2002, DE, EN, FR; 280 S.; F&E; Sfr. 30.00 Nr. 220012

Biomasse Aktivitäten und Projekte 2001, Jahresbericht; Binggeli Daniel; Rügsegger Martin; 02.2002, DE; 14 S.; F&E; Sfr. 15.00 Nr. 220013

Entwicklung neuartiger Holz-Hybridheizsysteme; Speicheröfen mit Wasserabsorber, Schlussbericht; Frei Beat; Huber Heinrich; Kropf Sven; Macquat Yves; Gaegauf Christian; Hochschule für Technik+Architektur; 03.2002, DE; 25 S.; F&E; Sfr. 15.00 Nr. 220014

Betriebsverhalten und Optimierung einer Holzfeuerung mit Abgaskondensation, Schlussbericht; Good Jürgen; Neuenschwander Peter; Nussbaumer Thomas; 06.1998, DE; 41 S.; F&E; Sfr. 15.00 Nr. 200323

Pilot- und Demonstrationsobjekt EFH Jurt in Hünenberg; Erfahrungen, Energiebilanz, Betriebscharakteristik und Komfort, Schlussbericht; Huber Heinrich; Meierhans Daniel; Hochschule für Technik+Architektur; 11.2001, DE; 47 S.; P&D; Sfr. 20.00 Nr. 210217

Apollo II; Thermische Nutzung von Hühnermist, Phase II, Schlussbericht; Salerno B.; Hersener J.-L.; Dinkel F.; Schneuwly Oskar; 12.2001, DE; 36 S.; P&D; Sfr. 20.00 Nr. 210222

Ökobilanz für die Stromerzeugung aus Holzbrennstoffen und Altholz, Jahresbericht; Faist Mireille; Frischknecht Rolf; Jungbluth Niels; ESU-service; 12.2001, DE; 10 S.; P&D; Sfr. - Nr. 210263

Luftheizung mit Holzöfen bei einer EFH-Sanierung, Jahresbericht; Meierhans Daniel; Huber Heinrich; Hochschule für Technik+Architektur; 12.2001, DE; 4 S.; P&D; Sfr. - Nr. 210264

Biomasse (ohne Holz)

Kompaktbiogasanlagen in der Landwirtschaft (Betriebsauswertung während einem Jahr), Schlussbericht; Böhni Thomas; 10.1999, DE; 34 S.; F&E; SFr. 20.00
Nr. 200293

Pflanzenöl als Treibstoff in einem PKW; Erfahrungsbericht (Phasen 1 und 2), Schlussbericht; Böhni Thomas; Energie & Umwelt; 11.1999, DE; 22 S.; F&E; SFr. 15.00
Nr. 200297

Startphase Ökostromvermarktung; Vermarktungskonzept für Ökostrom aus 10 landwirtschaftlichen Biogasanlagen, Schlussbericht; Böhni Thomas; Energie & Umwelt; 12.2001, DE; 16 S.; F&E; SFr. 15.00
Nr. 210228

Kompakt-Biogasanlagen 1, 2, 3 und 4; Zusammenfassung und Betriebsauswertung der Anlagen: J. Schmid, R. Grossenbacher, F. Grass und G. Martin, Schlussbericht; Böhni Thomas; Energie & Umwelt; 12.2001, DE; 22 S.; F&E; SFr. 15.00
Nr. 210229

International Energy Agency (IEA) BioenergyTask 32: Biomass Combustion and Cofiring, Jahresbericht; Nussbaumer Thomas; Ing. Büro Verenum; 12.2001, DE; 6 S.; F&E; SFr. -
Nr. 210238

Valorisation énergétique (biogaz) d'huiles comestibles usagées par codigestion avec différents déchets d'origine agroalimentaire, Jahresbericht; Membrez Yves; Fruteau de Lacroix Hélène; EREP SA; 12.2001, FR; 5 p.; F&E; SFr. -
Nr. 210241

Ökobilanz der Stromgewinnung aus landwirtschaftlichem Biogas, Jahresbericht; Edelmann Werner; Baier Urs; Engeli Hans; Schleiss Konrad; Arbi Bioenergie GmbH; 12.2001, DE; 9 S.; F&E; SFr. -
Nr. 210242

Ökobilanz Klärgasverstromung, Jahresbericht; Müller Ernst A.; Kobel Beat; Kernen Martin; 12.2001, DE; 5 S.; F&E; SFr. -
Nr. 210243

Mandat EU Centre Information Biogaz, Rapport annuel; Membrez Yves; Fruteau de Lacroix Hélène; EREP SA; 12.2001, FR; 4 p.; F&E; SFr. -
Nr. 210244

Gemisch-Aufbereitung im Brennraum pflanzenölbetriebener direkt eingespritzter Dieselmotoren „System Mahler“, Jahresbericht; Schlachter W.; Burkart Jürg; Fachhochschule Aarau; 12.2001, DE; 8 S.; F&E; SFr. -
Nr. 210245

Pflanzenöleinsatz im schnelllaufenden, direkteingespritzten PKW-Dieselmotor, Jahresbericht; Meyer Martin; Hochschule für Landwirtschaft; 12.2001, DE; 9 S.; F&E; SFr. -
Nr. 210246

Rationelle Energieanwendung in der Landwirtschaft, Jahresbericht; Hersener J.-L.; Meier U.; 12.2001, DE; 4 S.; F&E; SFr. -
Nr. 210247

Perkolationsanlage zur Aufbereitung von Grünabfällen, Jahresbericht; Widmer Ch.; Wellinger A.; Schober G.; AFAG-Engineering GmbH; 12.2001, DE; 10 S.; F&E; SFr. -
Nr. 210252

Startphase Ökostromvermarktung, Jahresbericht; Böhni Thomas; Energie & Umwelt; 12.2001, DE; 9 S.; F&E; SFr. -
Nr. 210257

Ecobilan de la production d'électricité à partir du gaz de STEP, Rapport annuel; Müller Ernst A.; Kobel Beat; Kernen Martin; 12.2001, FR; 4 p.; F&E; SFr. -
Nr. 210262

Messprojekt Biogas-BHKW; Messkampagne an 2 neuen BHKW-Typen (Zündstrahlgeräte mit Turbolader und Luftkühlung), Schlussbericht; Böhni Thomas; Raum- & Umweltplanung; 07.1999, DE; 15 S.; P&D; SFr. 15.00
Nr. 200296

Mikroturbine in Biogasanlage; Test der Alltagstauglichkeit, Jahresbericht; Widenhorn Markus; Würgler Daniel; ABB Energie Services Schweiz; 12.2001, DE; 8 S.; P&D; SFr. -
Nr. 210253

Fleischverarbeitung in der Schweiz, Jahresbericht; Scheurer Karin; Baier Urs; Hochschule Wädenswil; 12.2001, DE; 4 S.; P&D; SFr. -
Nr. 210248

BIOENERGIE SCHAFFHAUSEN Biogas, Protein und Fasern aus Gras; P&D-Anlage in Schaffhausen, Jahresbericht; Müller Peter H.; Widmer Fritz; Bioenergie Schaffhausen AG; 12.2001, DE; 9 S.; P&D; SFr. -
Nr. 210251

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

Kompakt-Biogasanlage 5, 6, 7+8 Zusammenfassung und Betriebsauswertung der Anlagen: J. Kilchmann, J. Ott, M. Eugster und M. Bigler, Jahresbericht; Böhni Thomas; Ott Josef; 12.2001, DE; 4 S.; P&D; SFr. -
Nr. 210256

Biogasanlage für die Vergärung von Destillationsrückständen in Kombination mit der Abwasserreinigung, Jahresbericht; Vetter Helmut; Voigtländer Anja; Colenco-HOLINGER AG; 12.2001, DE; 10 S.; P&D; SFr. -
Nr. 210258

Betriebsoptimierung und Erfolgskontrolle Co-Vergärungsanlage E. Flachs-mann AG, Jahresbericht; Weisskopf Thomas; Eugster Christian; Colombi Renato; Chaloupka Johann; Weisskopf Partner GmbH; 12.2001, DE; 8 S.; P&D; SFr. -
Nr. 210259

Vergärung von Biomasse: Auswirkungen auf die Abfallwirtschaft des Kantons Tessin, Jahresbericht; Beltrani Guido; Angele Hans-Christian; Schelske Oliver; Cavigelli Marc; BiomassEnergy; 12.2001, DE; 8 S.; P&D; SFr. -
Nr. 210260

Biogas Verwertung aus der Lagergrube Anlage Wartmann Bissegg, Jahresbericht; Wartmann Otto; Engeli Hans; 12.2001, DE; 3 S.; P&D; SFr. -
Nr. 210261

Kernfusion

Coopération internationale dans le domaine de la recherche en fusion thermonucléaire contrôlée, Rapport XXIV; Conscience Jean-François; 12.2001, FR; 16 p.; F&E; SFr. -
Nr. 210219

Geothermie

IEA – Hot Dry Rock; Teilnahme am GIA – Geothermal Implementing Agreement der IEA (Annex III, Hot Dry Rock, sowie Aufgaben des Chairman of the Executive Committee), Jahresbericht; Hopkirk Robert J.; 12.2001, EN; 80 p.; F&E; SFr. 40.00
Nr. 210220

Abwärmenutzung

Abwärmenutzung Lebensmittelkühlung Fenaco, Zollikofen, Schlussbericht; Roschi M.; Wirz A.; Haberthür M.; Fenaco; 11.2001, DE; 12 S.; F&E; SFr. 15.00
Nr. 210279

Langzeiteffekt von Mehrfach-Erdwärmesonden, Schlussbericht; Pahud D.; Brenni R.; Mégel T.; Kohl T.; Laboratorio di energia (LEEE); 03.2002, DE, EN; 58 S.; F&E; SFr. 30.00
Nr. 220005

Elektrizität

A New Methodology for Establishing a System for Cross-Border Transmission Tariffication in the Internal Electricity Market, Schlussbericht; Glavitsch Hans; Andersson Göran; 12.2001, DE; 9 S.; F&E; SFr. 15.00
Nr. 210224

„Standby-Verbrauch“ von Dienstleistungsgebäuden; Verbrauchsmessungen an 32 Objekten, Schlussbericht; Menti Urs-Peter; Amstein + Walther Consulting; 09.1999, DE; 41 S.; F&E; SFr. 15.00
Nr. 200322

Solarwärme

Solar actif: chaleur et stockage de chaleur / Solarwärme und Wärmespeicherung; Activités et projets en 2001, Synthèse et rapport annuel des mandataires; Hadorn Jean-Christophe; Planair; Hadorn Consulting; 12.2001, DE, FR; 169 S.; F&E; SFr. 60.00
Nr. 210272

Nachhaltige Solar-Wohnbauten; IEA SHC 28, Schlussbericht; Hastings Robert S.; 12.2001, DE; 7 S.; F&E; SFr. -
Nr. 210282

Small Hybrid Solar Power System, Artikel Ecos'01 July 4-6, 2001 Istanbul; Kane M.; Larrain D.; Favrat D.; Allani Y.; EPFL/DME/LENI; 07.2001, EN; 8 p.; F&E; SFr. 10.00
Nr. 210223

Small Hybrid Solar Power System: First Field Test Results, Artikel HEFAT 2002, 1st International Conference on Heat Transfer, Fluid Mechanics and Thermodynamics 8–10 April 2002, Kruger Park, South Africa; Martin Samuel; Kane Malick; Favrat Daniel; EPFL/DME/LENI; 04.2002, EN; 7 p.; F&E; SFr. 10.00
Nr. 220003

Advanced Control Strategy for Solar Combisystems, Artikel; Prud'homme T.; Gillet D.; Ecole d'ingénieurs de l'Etat de Vaud (EIVD); 02.2002, EN; 0.75; F&E; SFr. -
Nr. 220009

Technologie-Transfer / Systeme

ENET-NEWS Nr. 51 deutsch, ENET; 04.2002, DE; 40 S.; F&E; SFr. -
Nr. 220010

ENET-NEWS No 51 français, ENET; 04.2002, FR; 40 p.; F&E; SFr. -
Nr. 220011

Potenziale der Nanotechnologien für Anwendungen im Energiebereich; Moeckli Marc; Höhener Karl; 05.2002, DE; 5 S.; F&E; SFr. 15.00
Nr. 220026

Photovoltaik

17th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition Munich 22. – 26.10.2001, Tagungsunterlagen; NET Nowak Energie & Technologie AG; Université de Fribourg; 01.2002, DE; 59 S.; F&E; SFr. -
Nr. 220019

GRS-Garantierte Resultate von Solarstromanlagen; GRS-Guarantee of Results for Grid-Connected Solar Photovoltaic-Systems, Schlussbericht PV; Meier Christian; Frei Roland; 12.2001, DE, EN; 49 S.; P&D; SFr. 20.00
Nr. 210225

GRS-Mustervertrag; Vertragsentwurf über die Garantie des Energieertrags einer Solarstromanlage, Anhang zu Schlussbericht PV; Meier Christian; Frei Roland; 12.2001, DE; 15 S.; P&D; SFr. 10.00
Nr. 210226

HORIZsolar II; Validierung, Verbesserung und Anpassung des Horizont-aufnahme-Produktes zur Praxistauglichkeit, Schlussbericht; Frei Roland; Meier Christian; energie büro; 01.2002, DE; 45 S.; P&D; SFr. 20.00
Nr. 220020

Machbarkeitsstudie Photovoltaik-Anlage Stadion Wankdorf, Schlussbericht; Hostettler Th.; Ing. Büro Hostettler; 04.2002, DE; 25 S.; P&D; SFr. 15.00
Nr. 220021

Thermische Speicherung

Programme „Solaire actif – Chaleur et Stockage de chaleur“; Activités et projets en 2001, Rapport annuel; Hadorn Jean-Christophe; 01.2002, FR; 17 p.; F&E; SFr. 15.00
Nr. 220022

Etude pilote pour le stockage diffusif des bâtiments du centre D4 de la suva a Root, Lucerne; Analyse de 2 tests de réponse géothermique et intégration du stockage diffusif dans le système, Rapport final; Pahud D.; EPFL/DGC/LASEN; 12.2001, FR; 71 p.; P&D; SFr. 30.00
Nr. 210227

Umgebungswärme

Le Vieux Manoir: Des machines de froid comme pompes à chaleur dans l'exploitation d'un hôtel, Rapport final; Huber R.; KWT Kälte-Wärme-Technik AG; 07.2000, FR; 14 p.; P&D; SFr. 15.00
Nr. 200308

Production de chaleur et de froid avec des pompes à chaleur et des sondes géothermiques dans le Restaurant Grauholz vers Berne, Rapport final; Huber R.; Institut Bau und Energie AG; 11.2000, FR; 24 p.; P&D; SFr. 15.00
Nr. 200309

Gasmotor-Wärmepumpe auf Aare-Wasser in Hinterkappelen/BE; Langfristige Erfolgskontrolle, Periode 1999–2000, Schlussbericht; Hämman Fritz; 12.2001, DE; 13 S.; P&D; SFr. 15.00
Nr. 210278

Brennstoffzellen

Pilot-Anlage Biogas – Hexis, Jahresbericht; Jenne Markus; Riggensbach Susanne; Membrez Yves; Van Herle Jan; Sulzer HEXIS AG; 12.2001, DE; 11 S.; P&D; SFr. 15.00
Nr. 210254

Verfahren zur Bereitstellung von „PEFC-grade“ Wasserstoff für tragbare Polymer-Elektrolyt-Brennstoffzellen, Bericht; Bossel Ulf; 06.1998, DE; 38 S.; F&E; SFr. 20.00
Nr. 200295

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: _____

ENET
 Netzwerk für Informationen
 und Technologie-Transfer im Energiebereich
 Egnacherstrasse 69 • CH-9320 Arbon
 Tel. 071 440 02 55 • Tel. 021 312 05 55
 Fax 071 440 02 56
 enet@temas.ch • www.energieforschung.ch

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

