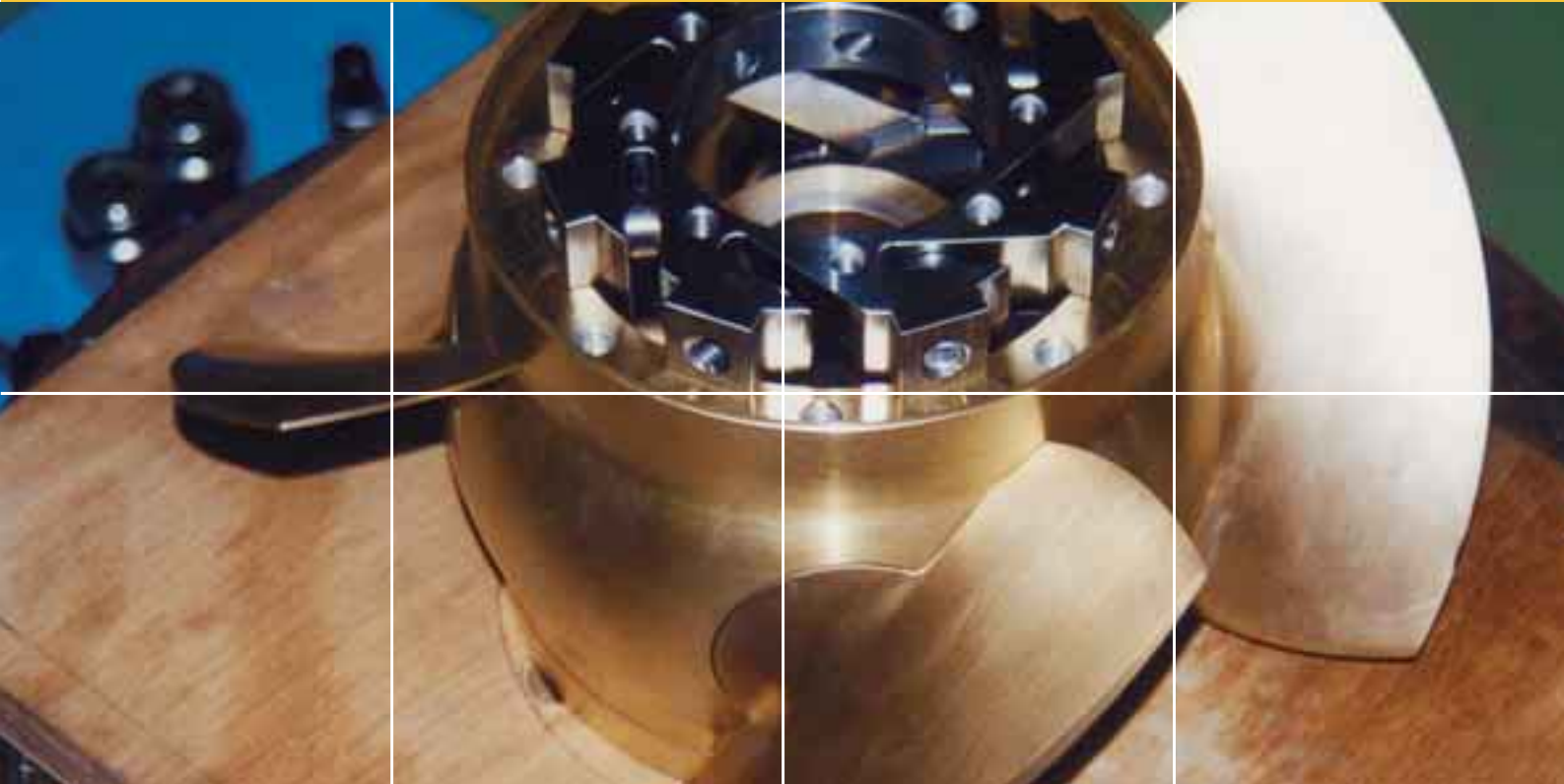


März 2001

ENET NEWS

Informationen zur Energieforschung



Bundesamt für Energie
EnergieSchweiz braucht die Forschung

Kleinwasserkraftwerke
Sanfte Energie hart bedrängt

Gebäudesysteme
Im Kern verwandt

www.energieforschung.ch

 **energie**schweiz

BFE

EnergieSchweiz braucht die Forschung.....4

Energiewirtschaftliche Grundlagen – EWG

Planen mit Opposition.....6

Facility Management und Energieeffizienz6

Photovoltaik

Module clever montiert.....9

Umweltaspekte von Photovoltaikanlagen 11

Solarwärme

Hybrid-Systeme überbrücken die Nacht.... 12

Kleinwasserkraftwerke

Sanfte Energie hart bedrängt 14

Systematisieren für die Praxis 16

Verstromen und dann trinken 18

**Windenergie**

Dort herrschen andere Gesetze20

Holz

Gestuftter Brennstoff mindert Stickstoff21

Umgebungswärme

Besseres Planen.....23

Gebäudesysteme

Im Kern verwandt25

VIP: dünner dämmen27

Elektrizität

Supraleiter haben Potenzial.....30

**Kernenergie**

Kompetenz gewährt Sicherheit33

Brennstoffzellen

Mit der Anode wirds günstiger.....36

Wärme-Kraft-Kopplung

Erfolgreich geregelt.....38

Veranstaltungen.....39

Neue Publikationen40**Impressum**ENET-NEWS
Informationen zur Energieforschung

März 2001 / Nr. 47

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

Nachdruck nur mit Quellenangabe.

Papier chlorfrei gebleicht
Gedruckt in der Schweiz.**Titelfoto**Kaplan-Turbine für den Prüfstand im For-
schungslaboratorium MHyLab in Mont-
cherand.

Das kleine „e“ im roten Kreis

Kennt ihr mich schon? Als Logo des neuen Aktionsprogramms EnergieSchweiz bin ich stolz auf meine Eltern. Sie haben sich viele Gedanken gemacht. Sie wollten etwas Wichtiges zum Ausdruck bringen. Das „e“ im roten Kreis steht für eine neue „Liebe zur Energie“. Rot wie das Feuer! Oder etwa wie ein heisses Thema, oder vor allem ein Bezug zur Schweizer Nationalfarbe? Das kleine „e“, ähnlich dem modernen @, ist wohl ein Zeichen für eine kommunikative Gesellschaft, in welcher auch Energiefragen vernetzt diskutiert und beantwortet werden. Aber schaut mal! Die beiden Wörter „energie“ und „schweiz“ sind zusammengefügt. Die enge Verbundenheit dieser Begriffe ist offensichtlich, das fett gedruckte „energie“ betont meine Wichtigkeit. Nach 10 Jahren Aktionsprogramm Energie 2000 gehören wir zusammen. Denn als EnergieSchweiz agiere ich weiterhin aus Überzeugung für ein ausgeprägtes Energiebewusstsein. Ich vermittele eine sensibilisierte Haltung gegenüber der Energienutzung und fördere damit Verständnis für den Wertbegriff „Energie“ auf allen gesellschaftlichen Ebenen. Aber ich stehe auch für das Spannende, das Innovative und das Überraschende der entsprechenden

Forschungstätigkeit.

Ich möchte die
Schrittmacherfunktion
meiner Vorgängerin
konsequent fortsetzen
und damit einen



energieschweiz

zukunftsweisenden Umgang mit Energie unterstützen. Die Erwartungen sind gross; der Herausforderung, als Wegweiser für die Energie-Intelligenz zu agieren, sehe ich mit Spannung entgegen. Mit meinem roten Kreis und dem kleinen „e“ will ich mein Potenzial als Forum und Initiatorin für Aktionen und Informationen überzeugend darstellen. Ich freue mich darauf, für euch alle eine Vertraute zu werden, die immer wieder auftaucht, wenn es mit der Energie in der Schweiz vorwärts geht.

Euer EnergieSchweiz-Logo

Energie-Forschung 2000

Demnächst wird der Bericht „Energie-Forschung 2000“ erscheinen, welcher die Übersichtsberichte der BFE-Programmlenker enthält. Darin werden die Fortschritte und Ergebnisse der Projekte dargestellt, welche durch das BFE mitfinanziert worden sind.

Erhältlich in gedruckter Form als Broschüre bei ENET oder auf der Internet-Seite des BFE:

www.admin.ch/bfe

Nachdiplom-Studium in Energie

In Zusammenarbeit mit fünf weiteren europäischen Universitäten startet die EPFL im September 2001 erneut mit dem berufsbegleitenden Nachdiplom-Studium in Energie. Es richtet sich an Kaderleute aus Industrie und Verwaltung, welche in den Bereichen Energieproduktion und -verteilung sowie der industriellen Anwendung energie-intensiver Prozesse zuständig sind. Gute Französisch- und Englisch-Kenntnisse sind Voraussetzung. Anmeldeschluss: 31. Mai 2001.

<http://postgrade-energie.epfl.ch>

Liste der Projekte 1998/1999

Über 950 Projekte sind in der neuen Projektliste zu „Forschung, Entwicklung und Demonstration im Bereich der Energie in der Schweiz“ aufgeführt. Damit erhält man einen umfassenden Überblick über die durch öffentliche Mittel von Bund, Kantonen und Gemeinden ganz oder teilweise unterstützten Arbeiten (F+E, P+D). Einleitend sind statistische Auswertungen publiziert. Dank der Projekt Nummerierung lassen sich weitergehende Informationen leicht beschaffen.

Bezug: ENET

EnergieSchweiz braucht die Forschung

Das neue Aktionsprogramm setzt ambitionöse Ziele und basiert auch auf den Resultaten der Energieforschung

Das neue Aktionsprogramm EnergieSchweiz ist unterwegs; am 30. Januar 2001 wurde es erfolgreich gestartet. Es baut auf dem Bewährten von Energie 2000 auf und nutzt erfolgreiche Strukturen, um neue Ziele konsequent anstreben zu können. Wichtige Partner sind aufgrund des Energiegesetzes die Kantone sowie spezialisierte Organisationen. Aber auch die Energieforscher spielen eine bedeutende Rolle, denn deren Resultate sollen in Produkte und Technologien für eine rationelle Energienutzung sowie für die Anwendung erneuerbarer Energien umgesetzt werden. Wie lauten die Ziele und Absichten des neuen Aktionsprogramms und welchen konkreten Bezug hat dabei die Energieforschung? Zu diesen Fragen nimmt Hans Luzius Schmid, Leiter von EnergieSchweiz, Stellung.

„Mit der zukunftsgerichteten Strategie von EnergieSchweiz geht es auch um die kommenden Generationen.“

Auf welcher Grundlage wurde das Nachfolgeprogramm EnergieSchweiz entwickelt?

Hans Luzius Schmid: Wir haben einerseits energie- und klimapolitische Zielsetzungen, wie die CO₂-Reduktion um 10% im Jahre 2010 verglichen mit 1990, andererseits streben wir eine gesicherte und nachhaltige Energieversorgung an. Die eigentliche Grundlage ist der Verfassungsauftrag. Mit der zukunftsgerichteten Strategie von EnergieSchweiz geht es auch um die kommenden Generationen, um unsere Kinder, an die wir bei unseren Entscheidungen denken.

Wie beurteilen Sie die Ausgangslage bei der Energiethematik?

Die neuesten Energieperspektiven zeigen einen weiteren Anstieg des Verbrauchs, vor allem bei den Treibstoffen, den industriellen



Hans Luzius Schmid: „Die Energieforschung wird einen wesentlichen Beitrag bei der Erarbeitung der Grundlagen für das Aktionsprogramm leisten.“

Prozessen und bei der elektrischen Energie. Leider ist das Wirtschaftswachstum immer noch mit einer Energieverbrauchs Zunahme gekoppelt. Unsere immer noch zu grosse Abhängigkeit vom Erdöl und die damit verbundenen instabilen Preise sowie die Endlichkeit fossiler Energieträger erfordern wesentlich stärkere Anstrengungen als bisher. Energie 2000 hat die Grenzen und Möglichkeiten von freiwilligen Massnahmen offengelegt. Auch die freiwilligen Massnahmen brauchen Zeit und Geld; sie basieren auf dem technischen Fortschritt und damit auf Forschung und Entwicklung als Grundlage der erforderlichen Veränderungen bei der Energieproduktion und -nutzung.

Wie ist die Wahl der vier Sektoren bei der Organisation von EnergieSchweiz zustande gekommen?

Der Bundesrat hat auch für EnergieSchweiz ambitionöse quantitative Ziele festgelegt, die mit jenen des CO₂-Gesetzes und unseren Verpflichtungen aus der Klimakonvention übereinstimmen und für einen Zeithorizont



bis 2010 gelten sollen. Die vier Sektoren Gebäude, Wirtschaft, Mobilität und erneuerbare Energien stimmen überein mit den drei wichtigsten Energieverbrauchssektoren und der Querschnittsfunktion der erneuerbaren Energien. Diese Organisation entspricht somit optimal den Markterfordernissen. Wir wollen über diese vier Bereiche das Energiebewusstsein in der ganzen Bevölkerung gezielt beeinflussen und unter anderem auch wegweisende Forschungs- und Entwicklungsergebnisse vermitteln. Damit nimmt die Bereitschaft zum Handeln zu: beispielsweise zum Einbau neuer Wärmezeugungsanlagen, zum sparsamen Autofahren oder zur Nutzung von Holz. Wichtig ist, dass wir über die Pioniergruppen hinaus so weitere Personengruppen erreichen. Aufgrund meiner Erfahrungen bin ich zuversichtlich, dass wir mit diesem Ansatz erfolgreich sein werden.

Sehen Sie notwendige Prioritätsverschiebungen bei der Energieforschung?

Die Unterstützung der Forschung und Entwicklung sowie der Pilot- und Demonstrationsanlagen bleibt eine wichtige Aufgabe des Bundes. Nach wie vor richtet sich diese nach dem von der Eidgenössischen Energieforschungskommission CORE formulierten und regelmässig aufdatierten Konzept. Die Forschung soll jedoch verstärkt im Aktionsprogramm eingebunden werden,



Neben den Energieaspekten verfolgt das Aktionsprogramm EnergieSchweiz die Reduktion der CO₂-Emissionen – auch im Blick auf die kommenden Generationen.

(Foto: SSES)



Start am 30. Januar 2001

EnergieSchweiz ist mit 51 Veranstaltungen in allen Landesteilen am 30. Januar 2001 lanciert worden. Dabei wurden auch Drinks abgegeben: Neue Energie für alle.

was auch durch die neue Organisation des BFE begünstigt wird. Wir erwarten zudem eine verbesserte Finanzsituation aufgrund der erhöhten Bedeutung der Forschung in den Fachhochschulen, d.h. ein verstärkter Mitteleinsatz der Kantone, sowie seitens des ETH-Rates und durch eine optimierte Zusammenarbeit mit der KTI. Der Transfer von Forschungsergebnissen in die Praxis soll durch EnergieSchweiz beschleunigt werden. Dabei behalten wir im Auge, dass die Innovationszyklen von der Grundlagenforschung bis zur Markteinführung

tragen, dass diese möglichst rasch und breit eingesetzt werden können. Dies ist oft nicht nur ein technisches, sondern auch ein wirtschaftliches, gesellschaftliches und politisches Problem. Die Forschung kann und soll zur Lösung dieser Gesamtproblematik beitragen.

„Die Energieforschung soll verstärkt zu neuen hocheffizienten Technologien führen.“

oft systembedingt lange dauern. Deshalb sind für uns Pilot- und Demonstrationsprojekte von besonderem Interesse, da sie gegen Ende dieser Innovationskette stehen und wesentlich dazu beitragen, dass neue, energieeffiziente Produkte rascher auf den Markt kommen.

Welchen Wunsch haben Sie für die Energieforschung?

Die Energieforschung und -entwicklung soll verstärkt zu neuen hocheffizienten Technologien führen, aber auch dazu bei-

Internet-Links

Energie 2000 – das abgeschlossene Aktionsprogramm
www.energie2000.ch

EnergieSchweiz – mit neuen Zielen ins neue Jahrzehnt
www.energie-schweiz.ch

Energieagentur der Wirtschaft als ein Pfeiler des Sektors Wirtschaft
www.energie-agentur.ch

Agentur für erneuerbare Energien und Energieeffizienz AEE, Dachorganisation für mannigfache Aktivitäten
www.aee.ch

Das Bundesamt für Energie leitet das Aktionsprogramm
www.admin.ch/bfe

Planen mit Opposition

Abgeltungen bei Infrastrukturanlagen? – Grossprojekte zwischen Widerstand und Akzeptanz

**Christoph
A. Schaltegger**

WWZ / Uni Basel
CH-4003 Basel

Ruedi Meier

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

Martin Beck

BFE-Bereichsleiter
Energiewirtschaft-
liche Grundlagen

Immer wieder erzeugen infrastrukturelle Grossprojekte Widerstand in der betroffenen Bevölkerung. In einer vom BFE unterstützten Studie des Wirtschaftswissenschaftlichen Zentrums (WWZ) der Universität Basel werden Hintergründe und Lösungsansätze zum umstrittenen Thema der Abgeltungen aufgezeigt. Mit nationalen Beispielen, wie das atomare Endlagerprojekt im Wellenberg, der Flughafen ausbau zum Zürcher Airport 2000, das Greina-Projekt, der Sondermüllöfen in Basel usw., sowie mit einem internationalen Vergleichsüberblick werden die systematischen Fragestellungen und Thesenformulierungen untermauert: Warum haben demokra-

tische Gesellschaften heute Schwierigkeiten, grosse Infrastrukturprojekte zu realisieren? Dieser komplexen Thematik geht die Studie von René L. Frey und Christoph A. Schaltegger mit einer schrittweisen Beleuchtung unterschiedlicher Aspekte auf den Grund.

Asymmetrische Nutzen- und Kostenverteilung erzeugt Widerstand

Grossprojekte erzeugen im Allgemeinen einen breit wahrnehmbaren Nutzen, deren negative Auswirkungen, wie Lärm, fallen jedoch oft konzentriert bei der Standortbevölkerung an, z.B. um einen Flughafen. Die

Facility Management und Energieeffizienz

Sind in ihrer Unternehmung bereits Massnahmen im Bereich des Facility Managements und des Energiemanagements realisiert worden? Dies war eine der Fragen, welche den 200 vorwiegend grösseren Firmen aus unterschiedlichen Branchen gestellt wurden. Die vertiefte Analyse zum Thema Facility Management (FM) und Energiemanagement (EM) führte man auf der Basis dieser Datenerhebung sowie von 20 Interviews und fünf Fallstudien durch. Ziel der Untersuchung war, Position der FM-Verantwortlichen, das FM-Verständnis sowie dessen Umsetzung abzuklären und Empfehlungen zu einer entsprechenden Verbesserung zu formulieren.

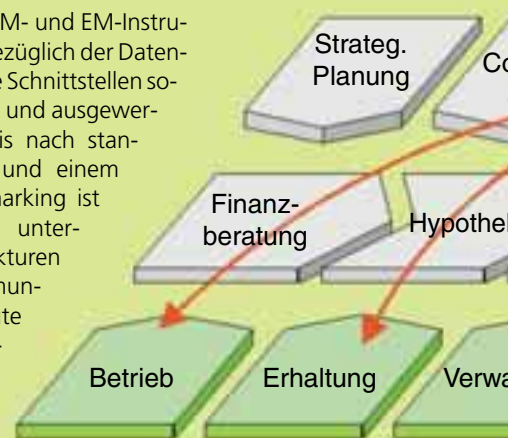
Umfassende Erkenntnisse gewonnen

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass der Integration des Energiemanagements in das Facility Management ein hoher Stellenwert beigemessen wird. Dies wird bestätigt durch die Ähnlichkeit der Umsetzungsproblematik und der Datenbedürfnisse sowie der Nutzung des Energieeinsparungspotenzials infolge einer optimalen Raumbewirtschaftung. Im Weiteren

erfordert der Einsatz von FM- und EM-Instrumenten klare Strategien bezüglich der Datentransparenz, klar definierte Schnittstellen sowie fachmännisch erfasste und ausgewertete Daten. Das Bedürfnis nach standardisierten Kennzahlen und einem funktionierenden Benchmarking ist offensichtlich gross. Die unterschiedlichen Datenstrukturen der einzelnen Unternehmungen lassen aber heute noch keine Kennzahlenvergleiche zu.

Zu den Aufgaben des Energiemanagements

gehören beispielsweise das Anpassen der Wartungsverträge, die Definition und Erfassung von Energiekennzahlen, Energiestatistiken, das Schaffen von Leitbildern sowie Contracting und Schulung. Der bisher ausgewiesene Nutzen liegt hauptsächlich in einer Energiekosteneinsparung und erst zweitrangig in der Verbrauchsreduktion. Obschon durch FM/EM die Kostentransparenz, die Betrachtungsweise des gesamten Lebenszyklus und die Standardisierung gefördert werden, kann man auch gewisse Problem-

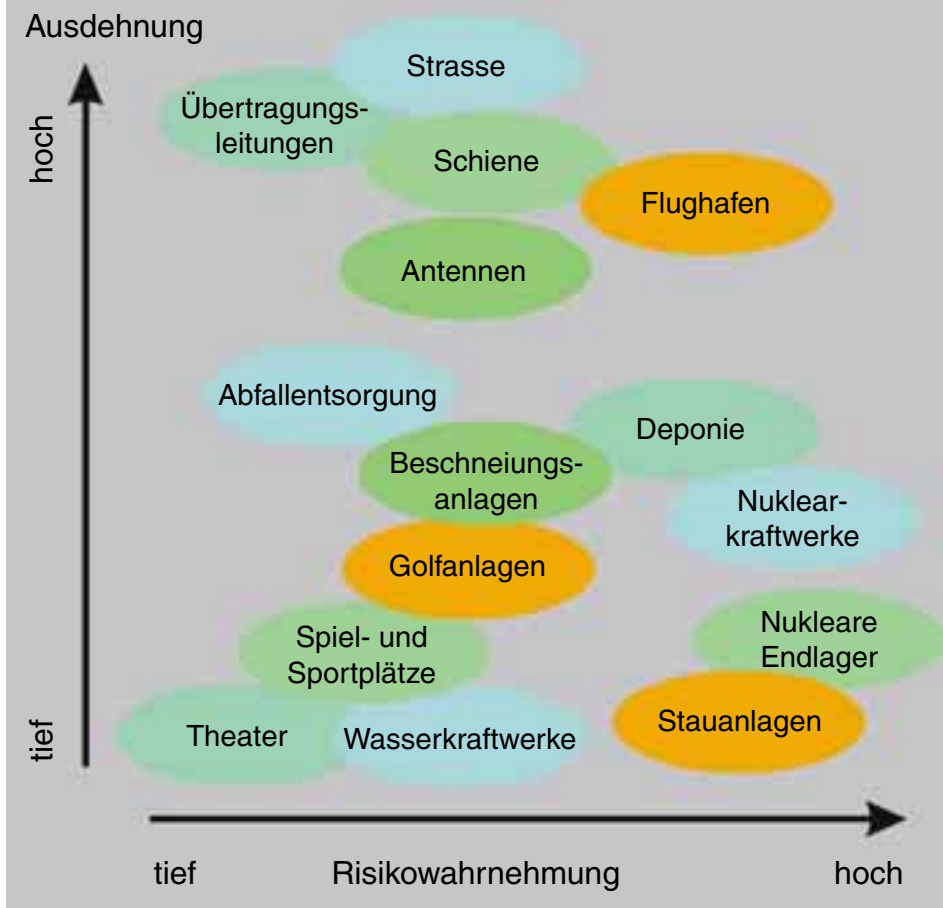


Prozessarchitektur einer Unternehmung mit Führungs- (oberste Reihe), Kern- (mittlere Reihe) und Supportprozessen (unterste Reihe). (Grafik: pom + Consulting AG)

Internet-Links

Das BFE-Programm
Energiewirtschaft-
liche Grundlagen –
EWG

www.ewg-bfe.ch

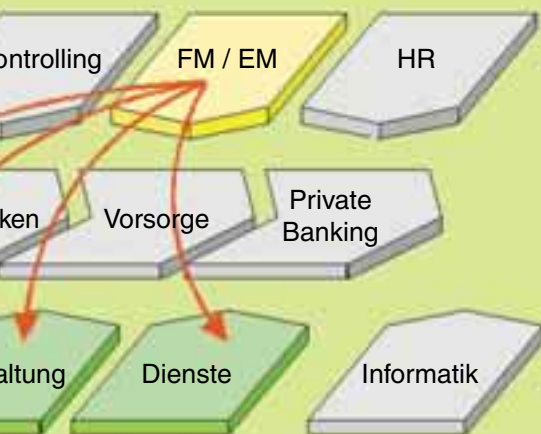


Risikowahrnehmung von Infrastruktur-Einrichtungen.

Verteilung von Nutzen und Kosten, bzw. Vor- und Nachteilen ist asymmetrisch, Widerstand von den negativ Betroffenen ist die Folge. Diese Tatsache ist bei den meisten demokratischen Gesellschaften erkennbar. In der Schweiz besteht eine Mitsprachemöglichkeit der Bevölkerung, so dass diese demokratischen Plattformen eine Radikalisierung des Widerstands meist verhindern können. Gleichzeitig bieten Befragungen und Abstimmungen die Chance, eine Beurteilung von Infrastrukturprojekten in einem frühen Stadium zu erfahren.

Auktionen als Instrument der Infrastrukturpolitik

Zur Lösung von Interessenkonflikten hat die Wirtschaftswissenschaft Auktionskonzepte entwickelt. Bei diesen werden die Nutzen und Wertminderungen von beiden Seiten abgewogen und definiert. Die Gegner einer Anlage erhalten dann finanzielle



zeigt, dass theoretische Kenntnisse zu FM/EM vorhanden sind, oft jedoch nicht an den entscheidenden Stellen innerhalb einer Unternehmung (Geschäftsleitung bzw. Top-Management). Kostentransparenz zu schaffen, steht beim FM meistens im Vordergrund.

Was ist FM und EM?

Hauptaufgabe des Facility Managements (FM) ist es, durch gezielte Planung, Kontrolle und Bewirtschaftung von Immobilien (über den gesamten Lebenszyklus) und Dienstleistungen deren Optimierung zu erreichen und damit das eigentliche Kerngeschäft eines Unternehmens zu unterstützen. Durch das Energiemanagement (EM) – als Teil des Facility Managements – sollen der Energiebedarf, die Emissionen und die Energiekosten im Rahmen vereinbarter Zielsetzungen minimiert werden. Der Aufgabenbereich umfasst dabei die Steigerung der Energieeffizienz und das Erarbeiten ökologischer Leitbilder.

Konstruktiver Erfahrungsaustausch wird oft nur punktuell durchgeführt. Somit drängen sich Vorschläge zur Förderung von Information, Ausbildung, Aufbau von Wissensdatenbanken, Pflichtenheften und Kennzahlen als sinnvolle und notwendige Massnahmen auf.

Geht man von der Tatsache aus, dass im Dienstleistungs- und Industriesektor ca. 25% des Raumwärmeverbrauchs und rund 65% des Strombedarfs anfallen, obwohl dieser Sektor nur 15% der Anzahl Gebäude aufweist, so kann man zwar eine Abschätzung des EM-Potenzials machen, genaue Berechnungen sind jedoch äusserst schwierig.

Schlussbericht:

Facility Management (FM) und Energieeffizienz
 P. Staub, K. Weibel, Th. Zaugg
 Bezug: ENET

kreise feststellen: bei der aufwändigen Datenerfassung, der starken Dominanz der Informatik und dem mangelnden Methodenbewusstsein.

Vorgeschlagen werden mehr Information und Schulung

Zusammenfassend wird in der Studie bestätigt, dass ein funktionierendes Energiemanagement nur mit einem Facility Management realisiert werden kann. Es hat sich ge-

Kompensationen von den Befürwortern. Falls die Wertschätzung jedoch insgesamt nicht gegeben ist, wird auf den Bau verzichtet.

Abgeltungen finden jedoch keineswegs immer Anklang. Das Argument der Bestecklichkeit taucht regelmässig auf. Dies kann als Hinweis angesehen werden, dass weitere Aspekte oder Prozesse der Entscheidungsfindung vernachlässigt worden sind.

Beteiligung der Betroffenen und einen Diskussionsprozess um alternative Lösungswege zulassen, spielen eine wichtige Rolle bei der Bildung von Vertrauen.

Ein weiterer Vorschlag der Studie befasst sich mit dem Begriff der Spezialregionen, bei welchen Nutzniesser und Kostenträger in einem demokratischen Verfahren eingebunden werden.



Asymmetrische Nutzen- und Kostenverteilungen von Infrastruktur-Einrichtungen können Widerstand bei den Betroffenen fördern.

(Foto: SBB, Alain D. Boillat)

Information und Sachleistungen als Alternativen zu Abgeltungen

Kompetente Informationspolitik sowie Sachleistungen als „Reparatureinsatz“ stellen wirkungsvolle Alternativen zu moralisch fragwürdig empfundenen Abgeltungen dar. Mit sachlichen Informationen lässt sich die Risikoeinschätzung korrigieren und die Wahrnehmung eines existenzgefährdenden Potenzials in Abhängigkeit der kleinen Eintrittswahrscheinlichkeit verändern.

Im Weiteren sind für die längerfristige Betrachtung die beiden Attribute Fairness und Kompetenz gefragt. Demokratisch orientierte Kommunikationsverfahren, die eine

Studie:
Abgeltungen bei Infrastrukturanlagen? – Grossprojekte zwischen Widerstand und Akzeptanz;

René L. Frey; Christoph A. Schaltegger, WWZ, Universität Basel.

www.unibas.ch/wwz/wipo

Bezug: www.admin.ch/edms
(EDMZ Nr. 805.217 d)

Projektliste 2001/2002

Als Arbeitsinstrument und Diskussionsgrundlage konzipiert, umfasst die neue Projektliste 2001/2002 des Programms Energiewirtschaftliche Grundlagen (EWG) umfassende Informationen zu laufenden und neuen Projekten. Sie erfüllt damit folgende Funktionen:

- Konkretisierung des EWG-Schwerpunktprogramms aus dem Jahre 1995;
- Aufzeigen von neuen Stossrichtungen und Forschungsbereichen;
- Schaffen von Transparenz über die Absichten des Forschungsprogramms EWG;
- Verbessern und Sicherstellen der Koordination.

Da die Erarbeitung von fundierten Forschungsergebnissen eine gewisse Zeit erfordert, ist eine Mittelfristplanung nötig. Die Fragestellungen der energiewirtschaftlichen Grundlagen sind möglichst vorausschauend anzugehen, damit die politischen Meinungsträger und die breite Öffentlichkeit frühzeitig über die notwendigen Entscheidungsgrundlagen verfügen.

Bezug:

www.ewg-bfe.ch

Module clever montiert

Gefragt sind Systemlösungen für eine wirtschaftliche Montage als Teil der Gebäudeintegration

Stefan Nowak

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

Urs Wolfer

BFE-Bereichsleiter
Solartechnologien

Neben den forschungsrelevanten Aspekten der Photovoltaik spielen heute auch die Anwendungslösungen für die Gebäudeintegration eine wichtige Rolle. Diese hat sich zu einem festen Standbein der Technologie etabliert; die Solararchitektur ist herausgefordert, optimale Beispiele zu präsentieren und damit Leitbildfunktion zu übernehmen. Zusätzlich sind clevere Systemlösungen gefragt, die eine wirtschaftliche Montage für konventionellen Einsatz bei kleinen und mittleren Anlagen ermöglichen. Da bei der Gebäudeintegration einerseits ein grosses Potenzial vorhanden ist, andererseits dessen Nutzung von geeigneten technischen Systemlösungen abhängig sein wird, hat das Bundesamt für Energie die beiden folgenden Projekte gefördert.

SOLRIF – Solar Roof Integration Frame – Modularer Rahmen mit System

Ziel der Entwicklung von SOLRIF war die Eliminierung des wirtschaftlichen Nachteils von integrierten Systemen gegenüber aufgesetzten Lösungen. Bei SOLRIF werden stranggepresste Spezial-Alu-Profile

mit optimierter Formgebung genutzt, um beliebige Grössen von Photovoltaikmodulen in ein Schrägdach zu integrieren. Dabei können kleinere und grössere Abmessungen berücksichtigt werden, denn die Profile lassen sich millimetergenau zuschneiden. Die Verwendung von standardisierten Solarzellen-Produkten in Verbindung mit einer einfach auszuführenden Montage auf die vorhandenen Dachlatten vor Ort bietet kostengünstige Lösungen für einen Neigungswinkel von 15° – 90°. Ohne Zusatz-



komponenten erreicht man die Abdichtung des Dachs. Die Elemente werden horizontal zusammengefügt, während vertikal die

Die stranggepressten Alu-Profile des SOLRIF-Systems greifen seitlich ineinander und verbinden damit die einzelnen Photovoltaik-Module.

Dachmontage einzelner SOLRIF-Module: Profilform und Montagetechnik gewähren einen raschen Abfluss von Regenwasser und den darin gelösten Verunreinigungen auch bei geringer Dachschräge.



Profile nur überlappen. Dadurch sind einzelne Module – bei Bedarf – auswechselbar.

Das von Enecolo AG in Mönchaltorf und Ernst Schweizer AG in Hedingen geleitete SOLRIF-Projekt dauerte von 1998 bis Mitte Dezember 2000; in der zweiten Phase konnte man durch entsprechende Untersuchungen eine Materialreduktion bei den verwendeten Alu-Profilen erreichen. Im Weiteren wurden erste Schritte in Richtung Normierung gemacht und Tests zum Verhalten bei Blitzschlag durchgeführt. Die bisher auf 5 mm limitierte Dicke der Einzelglass-Laminare kann durch Anpassungen auf 8 mm erweitert werden. Bei geringer Neigung und kritischer Lage verhindert die Standardausführung mit $\frac{3}{4}$ -Rahmen und freiem unteren Ende der Module Schmutzablagerungen und dadurch hervorgerufene Energieverluste. Die Flexibilität in Grösse und Kombination mit Dachziegeln lässt auch die gewünschte architektonische Vielfalt mit unterschiedlicher Farbgebung der Alu-Profile zu.

Installationen von Testanlagen haben neben Erfahrungen mit der Montage auch witterungsbedingte Extrembelastungen gebracht, denen SOLRIF erfolgreich standhalten konnte.

Internet-Links

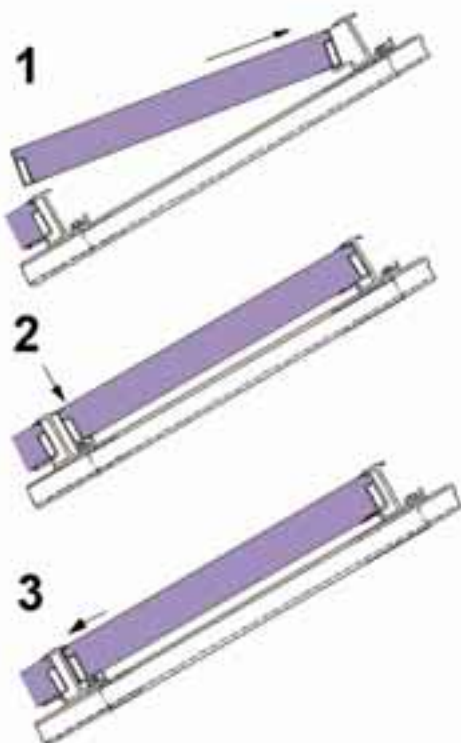
Die Photovoltaik-Welt im Überblick
www.pvportal.com

SOLRIF – die Dachintegration mit Aluminium-Rahmen
www.enecolo.ch
www.solarstrom.ch
www.schweizer-metallbau.ch

AluTec-Montagesystem:
Internationaler Vertrieb durch
www.solarmarkt.ch
Montage und Vertrieb Schweiz durch
www.kottmann-energie.ch

AluTec – Module ins Profil einhängen

Das AluTec-Montagesystem eignet sich sowohl für Schrägdächer als auch für den Anbau von Photovoltaik-Modulen an Fassaden. Entwickelt wurde es von Urs Bühler Energy Systems in Cham, um eine möglichst effiziente Montage von unterschiedlichen gerahmten Modulen zu ermöglichen. Dabei können alle gängigen Rahmendicken von 20 bis 51 mm von entsprechenden AluTec-Profilen aufgenommen werden.



Drei Montageschritte zum raschen Einsetzen eines Moduls.

Die durch das BFE und den Kanton Zug mitfinanzierte P+D-Anlage der Elektrizitätsgenossenschaft Hünenberg mit einer Leistung von 32,56 kWp wurde im April 2000 erfolgreich und mit kurzer Montagezeit durch die Firma kottmann energie ag Luzern installiert. Seither sind in verschiedenen europäischen Ländern Anlagen mit dem AluTec-System und einer Gesamtleistung von mehr als 1 MWp realisiert worden.

Energy-Monitor macht Infos greifbar

Energie- und Meteodaten sichtbar und verständlich machen ist ein primäres Anliegen bei Pilot- und Demonstrationsanlagen. Nicht alle Besucher haben jedoch die gleichen Informationsbedürfnisse. Mit dem Touch-Screen-Bildschirm kann man Infos und Daten mit unterschiedlichem Detaillierungsgrad abfragen und damit den individuell gewünschten Überblick erhalten. Seien es nun Energieproduktionswerte, Wind- und Solardaten oder Erklärungen zur Installation, das Verständnis wird „greifbar“.



Der von Urs Bühler Energy Systems entwickelte Energy-Monitor wird beispielsweise auch bei der Photovoltaik-Pilotanlage der Elektrizitätsgenossenschaft Hünenberg eingesetzt.

u.bue_cham@bluewin.ch

Auf Dachhaken bzw. Stockschrauben, die je nach zu erwartender Schnee- und Windlast in entsprechenden Abständen auf dem Dach gesetzt sind, werden vertikale Profile vom Typ AluVer mit Kabelführungen angebracht. Horizontal lassen sich anschließend die AluTec-Profile montieren, in welche werkzeuglos die Module eingeschoben werden. An den handelsüblichen Solarzellen-Produkten sind keinerlei Arbeiten notwendig, so dass sich eine Beschädigungsgefahr markant reduzieren lässt.

Das Einlegen kann dank der durchgeführten Vorarbeiten rasch erfolgen, bei grösseren Dachflächen lässt sich sogar ein spezieller Transportwagen auf dem Dach ein-



AluTec-Installation in Holland mit nur einer Folienabdeckung als dichtende Dachhaut.

setzen, welcher gleichzeitig die Arbeitssicherheit wesentlich erhöht.

Die Formgebung des oben liegenden Stegs des AluTec-Profiles ergibt eine symmetrische Erscheinung der einzelnen Modulen und bietet mit max. 0,6 mm Höhe minimale Gefahr für einen Verschmutzungsrückstau auf den Modulen.

Das AluTec-Montagesystem wurde vor kurzem auch bei einer Neuüberbauung in Holland eingesetzt, bei der eine EPDM-Folienabdeckung als dichtende Dachhaut unter den Modulen angebracht wurde. Das System kann sich also auch für integrale Lösungen eignen.

Umweltaspekte von Photovoltaikanlagen

Die im Auftrag des BFE durchgeführte Literaturstudie von Rolf Frischknecht und Niels Jungbluth stellt neue und bestehende umweltrelevante Daten zur Herstellung von Photovoltaikanlagen übersichtlich zusammen. Anstoss zu dieser Aktualisierung gab die Zertifizierung von Strom aus erneuerbaren Quellen gemäss dem Qualitätszeichen „Naturemade star“ des Vereins für umweltgerechte Elektrizität (VUE). Wohl wurden in der Vergangenheit verschiedene Photovoltaiktypen (monokristallin, polykristallin, amorph usw.) untersucht, doch gerade die Energieangaben zu den Produktionsprozessen Kristallisation und Siliziumreinigung wiesen beträchtliche Streuwerte auf. Die meisten Publikationen beschränken sich auf den Parameter „Primärenergie“ und machen keine Angaben zu prozessspezifischen Emissionen, beispielsweise bei der Reinigung der Wafer; nur wenige Studien basieren auf aktuelleren, eigenen Erhebungen bei Herstellern. Trotzdem werden einige der in den letzten Jahren erzielten Fortschritte erkennbar.

Dabei ist auch zu berücksichtigen, dass bei den Gegebenheiten zur Produktion von Wafern, Zellen und Panelmodulen eine rasante technologische Entwicklung im Gange ist. So lässt sich leicht erahnen, dass wesentliche spezifische Verbrauchsreduktionen bei der Reinigung möglich sind und je nach verwendeter Siliziumqualität Einflüsse auf die Ökobilanz realisierbar wären. Eine Aktualisierung der Produktionsdaten durch Analysen neuer Fertigungsstätten in Europa, Japan und Nordamerika wird notwendig, damit Ökobilanzen von Photovoltaikanlagen auf eine verlässlichere Datenbasis gestellt werden können.

Studie:
Umweltaspekte von Photovoltaikanlagen;
Rolf Frischknecht; Niels Jungbluth

Naturemade als Standard für Ökostrom

Naturemade, das Qualitätslabel des 1999 gegründeten Vereins VUE, wird getragen vom Biogas Forum, den Elektrizitätswerken EWB, EWZ, EEF, dem Konsumentenforum Schweiz, Umweltorganisationen und den beiden Actor-Netzwerken Suisse-Eole und Swissolar.

Umweltgerechte Stromproduktion soll kein Lippenbekenntnis sein. Deshalb bietet Naturemade eine Zertifizierung mit entsprechendem Qualitätsstandard:

- Naturemade star – ökologisch produzierter Strom aus erneuerbaren Quellen, wobei Kriterien über den gesamten Lebenszyklus einer Produktionsanlage (Ökobilanz) sowie lokale und regionale Aspekte berücksichtigt werden (Wasserkraftwerke mit ökologischer Mehrleistung)
- Naturemade basic – Strom aus erneuerbaren Quellen. Dieser Standard stellt auf der lokal/regionalen Ebene weniger hohe Anforderungen.

Naturemade, CH-8006 Zürich
www.naturemade.org

Hybrid-Systeme überbrücken die Nacht

Untersuchungen zeigen die Vorteile auf für kombinierte Solar-Verbrennungs-Anlagen

Daniel Favrat
LENI-DGM-EPFL
CH-1015 Lausanne

Yassine Allani
COGENER
PSE-EPFL
CH-1015 Lausanne

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

Urs Wolfer
BFE-Bereichsleiter
für Solartechno-
logien

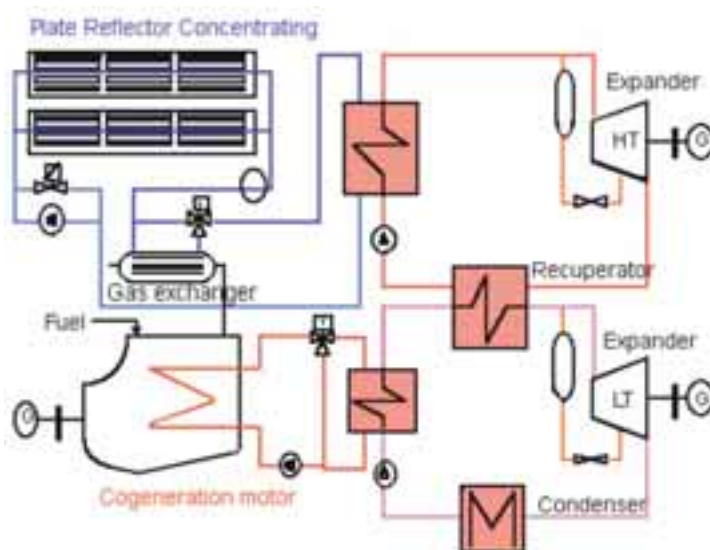
Im Schein der kalifornischen Sonne produzieren seit Jahren sog. Parabolrinnen-Kraftwerke elektrischen Strom. Das auf ca. 400°C erhitzte Wärmeträgeröl wird hier zur Erzeugung von Dampf genutzt, welcher anschliessend Generatoren antreibt. Es handelt sich dabei um eine der erfolgreichsten Technologien zur Umwandlung von Sonne in Elektrizität.

Interdisziplinär dem gemeinsamen Ziel verpflichtet

Im Rahmen des Technologie-Transfers und der Startunterstützung neuer Unternehmen durch den „Service des Relations Industrielles (SRI)“ der ETH Lausanne (EPFL) hat sich auch COGENER formen können. Diese interdisziplinäre Ingenieurgruppe arbeitet mit vier Abteilungen der EPFL zusammen und entwickelt ökologische Energiesysteme. Im Vordergrund steht dabei die Kooperation mit Entwicklungsländern und den entsprechenden behördlichen Institutionen.

In Ergänzung zu grossen Solaranlagen entwickelt das Team von LENI-EPFL, das Labor für industrielle Energiesysteme, und

COGENER integrale Klein-Hybridssysteme, die neben der Sonne auch konventionelle Verbrennungstechnologien einsetzen und als kompakte Systeme genutzt werden können. Dafür wurde unter anderem auch ein flacher Konzentrier-Reflektor entwickelt, der mit Spiegelstreifen die Sonnenstrahlung auf ein Vakuum-Kollektorrohr fokussiert. Im November 2000 produzierte der in Lausanne installierte Prototyp seine erste solar erzeugte Kilowattstunde.



Schwankungen der Solarstrahlung ausgleichen

Um die durch die Nacht und das Wetter verursachten Schwankungen bei der nutzbaren Solarstrahlung ausgleichen zu können und die Energieversorgung zu gewährleisten, nutzt man einen systemintegrierten Dieselmotor, der auch mit Biodiesel betrieben werden kann. Damit lässt sich zudem ein dezentraler Betrieb in Entwicklungsländern realisieren. Mit dieser lokalen Stromerzeugung können gleichzeitig auch Kälte-Erzeugung, Wasserförderung oder -entsalzung ermöglicht werden.

Anlagendiagramm mit Flachkollektor und Dieselmotor (HSPS).

Internet-Links

Laboratorium für industrielle Energiesysteme (LENI) an der ETH Lausanne
<http://leniwww.epfl.ch>

COGENER – die Ingenieurgruppe für alternative Solarenergiesysteme
<http://psewww.epfl.ch/Entreprises/cogener.html>



Dieser flache Konzentrier-Sonnenkollektor wurde für den Einsatz bei Hybridsystemen entwickelt.

Die Optimierungsberechnungen sind für unterschiedliche Leistungen und Konfigurationen von Dampfturbinen und Betriebsarten durchgeführt worden. Die Wirtschaftlichkeitsberechnungen haben gezeigt, dass bei einer Kostenreduktion der Sonnenkollektoren und bei Emissionsabgaben auf CO₂ die Hybrid-Sonnenkraftwerke gegenüber konventionellen Brennstoffanlagen im Bereich von 100 MWe wettbewerbsfähig sein werden.

Pinch technology – die thermodynamische Analyse zur Ermittlung von Wärmeübertragungsverlusten.



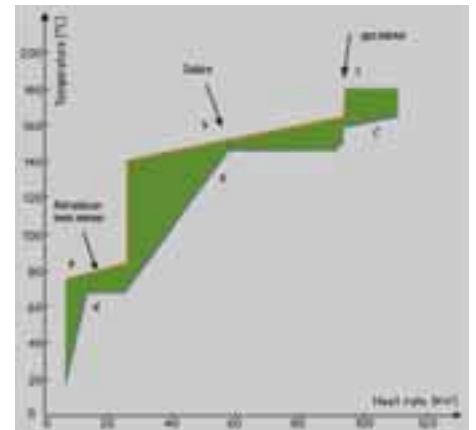
Eines der Ziele der Untersuchung von LENI und COGENER war die Definition der Maximalleistung bei Variation der Solarstrahlung. Dabei wurde auch Wärmeträgeröl mit einer Temperatur von 380°C zum Einsatz gebracht. Mit einer Öltemperatur von nur 165°C hat sich für das Kombisystem ein Gesamtwirkungsgrad von 22% ergeben.

Mathematische Optimierung für die Anlagenkonzeption

In einer parallelen Untersuchung wurde eine integrale Solar-Kombianlage in Tunesien analysiert, die mit Parabolrinnenkollektoren und Gas-Turbinen arbeitet. In einer ersten Phase vereinte man einen mathematischen Optimierungsansatz mit einer thermodynamischen Engpassanalyse

(pinch technology), um beispielsweise die Wärmeübertragungsverluste im Dampf-Erzeuger minimieren zu können.

In dieser umfassenden Anlage wird die thermische Energie des Verbrennungsgases der Gasturbine und des Wärmeträgeröls des Solarkollektors kombiniert, um den Dampfkreislauf zu ermöglichen. Ein Kollektorfeld für ca. 200 MW erzeugt Temperaturen von 390°C, während zwei Gasturbinen von 25 MWe eine Abgastemperatur von rund 540°C ergeben.



Untersuchungen:

- Concept d'une minicentrale électrothermo-solaire hybride adaptée aux pays en voie de développement.
- Thermoeconomic analysis of Advanced Solar-Fossil Combined Power Plants.

Sanfte Energie hart bedrängt

Anlagensanierungen und Erneuerungen werden durch Wirtschaftlichkeitsfragen erschwert

Hanspeter Leutwiler

BFE-Programmleiter
Kleinwasserkraftwerke
Postfach
CH-8910 Affoltern
am Albis

Martin Rügsegger

BFE-Bereichsleiter
Kleinwasserkraftwerke

Es rattert die Mühle am laufenden Bach' Die Energienutzung durch Wasserräder hat zur wirtschaftlichen Entwicklung in den Ländern Europas wesentlich beigetragen und gehörte damit über Jahrhunderte zum vertrauten Bild. Dies hat sich drastisch verändert: Kleinkraftwerke verschwinden, werden still gelegt und gehen in der Energiebilanz beinahe verloren. Erfolgreiche Beispiele der vergangenen Jahre zeigen indes deutlich, wie bestehende Anlagen saniert und modernisiert werden können und damit eine lokale, umweltschonende Stromproduktion auf konstante Weise ermöglichen.

Hanspeter Leutwiler, BFE-Programmleiter für Kleinwasserkraftwerke und Geschäftsleiter des Interessenverbands Schweiz. Kleinkraftwerk-Besitzer (ISKB), erläutert im Folgenden die aktuelle Situation.

Wie schätzen Sie die Potenziale für Kleinwasserkraftwerke ein und welche Stimmung nehmen Sie zurzeit in der Schweiz zu diesem Thema wahr?

Hanspeter Leutwiler: Wir gehen davon aus, dass eine Verdoppelung der Produktion von Kleinwasserkraftwerken ohne nennenswerte Eingriffe in die Landschaft möglich ist. Ich spreche zum einen von der Erneuerung bestehender Anlagen, vor allem im Niederdruckbereich, zum andern von der Nutzung des Trink- und Abwassers. Bei jedem Bauwerk, das mit Wasser in Berührung kommt, sollte an das Potenzial einer Energienutzung gedacht werden. Es sind dabei auch exotische Möglichkeiten zu erwägen, wie beispielsweise die Stromproduktion aus dem Wasserabfluss eines Tunnels. Dies konnte auf eindruckliche Weise beim Seelisbergtunnel realisiert werden. Die Stimmung zugunsten von Sanierungen beurteile ich jedoch als abwartend, obwohl der politische Wille und gewisse Rahmenbedingungen vorhanden sind. Es bestehen jedoch offene Fragen zur Wirtschaftlichkeit, so

dass Investitionen im Moment noch unterbleiben.

Sie sprechen dabei auch das Energiemarktgesetz (EMG) an. Welche Konsequenzen wird dieses Gesetz für Kleinwasserkraftwerke haben?

Im Allgemeinen hat das Gesetz eine positive Grundlage für die Wasserkraft gelegt, wenn wir an die Stromdurchleitung und an



die Darlehen für Anlagenerneuerungen denken. Wir stellen fest, dass vernünftige abgestufte Begleitmassnahmen für die drei wichtigsten Kategorien von Akteuren erkennbar sind: die unabhängigen Produzenten, die Eigenproduzenten (dazu zählen manche Industriebetriebe) und die Elektrizitätsversorgungsunternehmen (EVU). Doch ist abzuwarten, wie die Details der Verordnung aussehen werden und welchen Einfluss die Empfehlungen vom Jahr 2000 für die Vergütung von Strom aus Kleinkraftwerken mit 15 Rappen pro kWh ausüben werden. Manche Unklarheit steht noch im Raum, die wohl wichtigste bleibt nun, wie das Stimmvolk bei einem möglichen Urnengang entscheiden wird.

Hanspeter Leutwiler: „Kommen Bauten und Wasser zusammen, sollte in jedem Fall die mögliche Energienutzung geprüft werden.“

Wie sehen Sie die weitere Entwicklung?

Die Liberalisierung des Strommarkts ist wohl kaum aufzuhalten – wenn wir die Zeichen der Zeit korrekt interpretieren. Mit einer CO₂-Steuer, welche fossile Energieträger verteuert, und anderen energiepolitischen Spannungsfeldern sollte die Wasserkraft an Bedeutung gewinnen.

Wie beurteilen Sie die technologischen Entwicklungen und die Forschungsaktivitäten im Bereich der Kleinwasserkraftwerke?

Gehen wir von der Kostenverteilung beim Bau von kleinen Kraftwerken aus, so lässt sich der Schluss ziehen, dass wir mit innovativen Entwicklungen im Turbinenbereich versuchen müssen, den baulichen Aufwand möglichst gering zu halten. Dieses Vorgehen konnte bei Projekten inzwischen erfolgreich bestätigt werden. Darüber hinaus lässt sich auch durch eine sorgfältige Planung und Auslegung auf dem neuesten technischen Stand meist eine beachtliche Leistungssteigerung ermöglichen. Aufgrund der Erkenntnis, dass kleinere Firmen mit Basiswissen im Sektor der Kleinanlagen unterstützt werden müssen, wurde beispielsweise das Forschungslaboratorium MHyLab gegründet. Daneben befassen sich



Hanspeter Leutwiler: „Auf technischer Ebene sind Standardisierungen anzustreben.“

ETH-Institute und einige Fachhochschulen mit relevanten Fragestellungen.

Lassen sich bei den Entwicklungsarbeiten Schwerpunkte nennen?

Auf technischer Ebene sind Systematisierungen anzustreben, die unter anderem

auch zu einer vereinfachten Verwendung von industriellen Komponenten führen. Ferner sind neue Bauarten möglich, wie überströmte Zentralen, Saugheber-Turbinen, Open-air-Auslegung und Tauchpumpen-Prinzip.

Gibt es unterschiedliche Aussichten für Kleinwasserkraftwerke und die noch kleineren Pico-Anlagen?

Als Pico-Kraftwerke bezeichnen wir Installationen bis zu 20 kW Leistung. Diese – meist als Niederdruckanlagen konzipiert – stehen heute unter enormem Druck, sowohl von der Wirtschaftlichkeit als auch aufgrund des Vollzugs des Restwassergesetzes. Dabei muss man jedoch festhalten, dass ein grosses Potenzial für solche Pico-Anlagen bestehen würde. Ziel sollte es ja sein, die in der Natur vorhandenen Energien auf sanfte Weise zu nutzen.

Internet-Links

Informationen und Beratung
www.infoenergie.ch
www.iskb.ch

Publikationen, Merkblätter und Statistik
www.smallhydro.ch



Kostenverteilung bei der Erneuerung von Kleinwasserkraftwerken.

1 Bau ca. 50–70%

2 Elektronik 10%

3 Turbine 20%

4 Generator und Welle 10%.

Systematisieren für die Praxis

Mit systematisierten Untersuchungen werden beim MHyLab Planungsgrundlagen für Turbinenanlagen geschaffen

Die gemeinnützige Stiftung MHyLab (Mini-Hydraulics Laboratory) wurde 1993 gegründet. 1997 erfolgte die Inbetriebnahme eines geeigneten Labors, um anwendungsorientierte Untersuchungen im Bereich der Kleinwasserkraftwerke durchzuführen. Das in Montcherand bei Orbe ansässige MHyLab hat sich zum Ziel gesetzt, systematische Entwicklungsarbeiten im Leistungsbereich von 20 bis 1000 kW zu betreiben. Es wird Turbinen-Know-how geschaffen, welches interessierten Firmen dazu dient, Qualitätsprodukte und Garantien liefern zu können. Bei der Planung von Turbinenanlagen stehen die drei Kriterien im Vordergrund: niedrige Herstellkosten, hoher Wirkungsgrad, maximale Zuverlässigkeit. Im Weiteren wirkt MHyLab auch als Informations- und Beratungsstelle für Kleinwasserkraftwerke.

Laboratorium als Resultat des Aktionsprogramms Energie 2000

Raymond Chenal, Initiant und heutiger Berater des MHyLab: „Das Aktionsprogramm Energie 2000 und besonders das damit lancierte Förderungsprogramm DIANE haben uns Wege aufgezeigt, wie die Nutzung der Wasserkraft mit Kleinturbinen weitergeführt und modernisiert werden kann. Die



Das Kleinwasserkraftwerk-Laboratorium von MHyLab befindet sich im Gebäude der Energiezentrale Montcherand in der Orbe-Schlucht.

Notwendigkeit einer systematischen Entwicklungstätigkeit ist aus diesen Erfahrungen erkennbar geworden. Gleichzeitig sahen wir auch den Bedarf an unabhängiger Unterstützung, beispielsweise von Gemeinden, die wohl den Wunsch haben, die örtliche Wasserkraft zu nutzen, doch mit limitierten Mitteln agieren müssen. Diese Erkenntnisse waren Grund genug, das Labor hier zu initiieren.“

MHyLab ist im bestehenden Wasserkraftwerk Montcherand am Fluss Orbe integriert und kann dadurch die vorhandene Druckwasserzuleitung mit nutzen. Die Forschungstätigkeit am speziell eingerichteten Prüfstand lässt sich mit den zwei folgenden Betriebsarten durchführen:

- Der offene Kreislauf – gespiesen durch die Ableitung der Druckleitung des Kraftwerkes – weist eine Durchflussmenge von 90 l/s bei einem Gefälle von 80 m auf und eignet sich daher ideal für Pelton-Turbinen.
- Ein geschlossener Kreislauf – angetrieben durch zwei parallel oder einzeln wirkende Pumpen – erlaubt Untersuchungen eines breiten Leistungsspektrums von 120 l/s mit einem Gefälle von 50 m bis zu 450 l/s mit 20 m. Damit eignet sich dieses System für Kaplan- und Francis-Turbinen.

Nach der Pelton- folgt die Kaplan-Turbine

Vincent Denis, Leiter des MHyLab: „Wir stehen zurzeit gerade an einem Wendepunkt unseres Entwicklungsschwerpunktes. In den vergangenen drei Jahren haben wir den gesamten Anwendungsbereich von Pelton-Turbinen mit simulierten Fallhöhen von 60 bis 650 m untersucht und dabei die Geometrien von Turbine und Schaufeln auf einzelne Kriterien hin optimiert. Wir sind damit in der Lage, für örtliche Gegebenheiten eine ideale Konfiguration des gesamten

Systems zur Verfügung zu stellen. Und nun haben wir mit einer ähnlichen Untersuchung der Kaplan-Turbine begonnen, die von BFE, PSEL und der Stadt Lausanne mitfinanziert wird, so dass wir geeignete Parameter für die Anwendung in Kleinwasserkraftwerken erstellen können. Unverändert weiterführen wollen wir die Beratungs- und Planungstätigkeit, die für uns auch permanent den äusserst wichtigen Bezug zur Praxis ermöglicht.“



Vincent Denis (rechts) und Norbert Tissot starten die Labortests an einer Kaplan-Turbine mit vier Flügeln.

Es mag erstaunen, dass hohe und garantierte Effizienz in diesem Leistungsbereich von unter 1 MW verlangt wird. Dabei ist jedoch zu beachten, dass der Wirkungsgrad das hydrodynamische Verhalten eines Systems widerspiegelt und damit direkten Einfluss nicht nur auf die künftigen Produktionszahlen, sondern auch auf die Funktionszuverlässigkeit und Lebensdauer der Anlage ausübt. Das Projekt der Qualitätscharakterisierung (Prime de Qualité) durch Studien, hydraulische Profile, materialtechnische Konzeption usw. wird ebenfalls vom BFE unterstützt.

Prüfstand für komplexe Untersuchungen

Kernstück des Prüfstandes ist die Turbine mit gekoppeltem Gleichstromgenerator,

der eine integrierte Drehmomentmessung aufweist. Die verschiedenen Messwerte, wie Durchfluss, Wassertemperatur, Druck, Leistung usw. werden erfasst und am PC ausgewertet. Bei den Tests mit der Kaplan-Turbine will man ein Gefälle von 3 bis 30 m

simulieren. Mit den verstellbaren Turbinenflügel variiert man den Durchfluss für ein bestimmtes Gefälle. Für jeden Arbeitspunkt (Gefälle, Durchfluss) wird nun der entsprechende Wirkungsgrad berechnet. Um den gesamten Arbeitsbereich zu eru-

ieren, ist der Kavitationseffekt von Interesse, der die Begrenzung definiert und hier mit dem Variieren des Gegendrucks unterhalb der Turbine untersucht werden kann.

Vincent Denis: „Eines der Ziele unserer Untersuchungen ist – wie bei den Pelton-Tests – die mögliche Systematisierung des Konzepts. Diese Labortests mit einem System im Massstab 1 : 1 bis zu 1 : 3 ermöglichen Aussagen über das hydrodynamische Ver-



François Viret ist mit Umbauarbeiten des Prüfstandes beschäftigt.

Prüfzone für den Einsatz der Turbinen; im Hintergrund (links) der nachfolgende Tank für den Wassergegendruck bei Untersuchungen mit Durchströmturbinen.



Schweizer Jugend forscht – auch im MHylab

Zu den Besuchern von MHylab gehören auch Schülerinnen und Schüler, die während einer Aktionswoche der Stiftung „Schweizer Jugend forscht“ nach Montcherand kommen. Nach einer Einführung in die Theorie der Kleinwasserkraftwerke und deren Anwendungsvielfalt werden entsprechende Anlagen besucht. Damit wird eine verstärkte Sensibilisierung für diese interessante Energienutzungsform erreicht.

halten, die eine hohe Sicherheit der zu erwartenden Produktivität einer Anlage vermittelt.“

Der Wirkungsgrad der Turbine-Generator-Gruppe bleibt daher ein entscheidender Faktor der Rentabilitätsrechnung. MHyLab ist heute in der Lage, für Pelton-Turbinen mit 1 bis 4 Düsen das hydraulische Profil des Laufrades und des Gehäuses zu liefern und damit auch die Herstellung der Schaufeln – z.B. auf einer CNC-Werkzeugmaschine – wesentlich zu vereinfachen.

Engagierte Kontakte mit Bildungsstätten und Industrie

Norbert Tissot, Forschungsmitarbeiter: „MHyLab übernimmt die Planung von



Spezial-Gleichstromgenerator mit direkt gekoppelter Turbine zur Simulation unterschiedlicher Bedingungen.

Kleinwasserkraftwerken und liefert die entsprechenden Grundlagen für die Herstellung. MHyLab versucht, langfristige Partnerschaften mit Herstellern einzugehen, diese nicht zu konkurrenzieren, und damit einen hohen Qualitätsstandard im Bereich der Kleinwasserkraftwerke zu erreichen. Damit lässt sich eine lokale Fertigung der Komponenten ermöglichen. Im Kontakt mit der EPFL sowie den Fachhochschulen von Genf (EIG) und Waadt (EIVD) und dem Polytechnischen Institut von Grenoble (INPG) tauschen wir Erkenntnisse und Erfahrungen aus und nutzen die gegenseitige Ausbildungsunterstützung auf sinnvolle Weise.“

MHyLab hat im Rahmen von Energie 2000 auch den Beratungsdienst für die West-

Verstromen und dann trinken

Bereits zu Beginn der 90er Jahre wurde im Rahmen des BFE-Projekts DIANE deutlich erkennbar, dass bei Trinkwasser-Kraftwerken ein beachtliches Potenzial an erneuerbarer Energie vorhanden ist. Damals sprach man von über 325 Standorten in der Schweiz und einer gesamten Jahresleistung von mehr als 120 GWh. Heute liegt die Schätzung sogar wesentlich höher. Die Energien befinden sich dabei in den Zuläufen aus dem Quellbereich und anderen Druckstufen von Trinkwasser-Versorgungssystemen.

Zwei Gemeinden mit einer Turbine

Zur gleichen Zeit begannen auch in den beiden Gemeinden des Unterwallis St. Maurice und Evionnaz, welche 1985 ein gemeinsames Trinkwasser-Teilungsreservoir gebaut hatten, die Überlegungen zugunsten einer zusätzlichen Stromerzeugung. Jean-Didier Roch, Vize-Präsident der Gemeinde St. Maurice, engagierte sich für eine effiziente Lösung: „Im Reservoir La Rasse wird das Trinkwasser im Verhältnis 1 : 5 an die beiden Gemeinden geleitet. Mit einer Fallhöhe des Quellwassers aus

der Wasserfassung in unser Reservoir von 509 m haben wir geeignete Bedingungen für eine zusätzliche Energieproduktion. Dank der Unterstützung von MHyLab liess sich 1997 ein bereits ausgearbeitetes Projekt deutlich verbessern und 1998 realisieren. Vorangegangen waren natürlich auch Entscheide über die Nutzenverteilung für beide Gemeinde. Den seither erzeugten Strom verkaufen wir der zu den Industriellen Werken von Lausanne gehörenden Zentrale Lavey, die auch den Unterhalt unserer Turbinenanlage vornimmt. Mit Produktionskosten von 5 Rappen/kWh haben



Auf dem bestehenden Trinkwasser-Teilungsreservoir von La Rasse wurde 1998 das Turbinenhaus erbaut.

Jean-Didier Roch hat sich für die Realisierung der Energienutzung engagiert und kann heute alle Produktionsdaten auf dem Bildschirm des automatisierten Kleinkraftwerks überwachen.





Die Untersuchungen des Anwendungsspektrums von kleinen Pelton-Turbinen ist inzwischen abgeschlossen.

Trinkwasser oder Abwasser nutzen?

Für beide Verfahren liegt der wesentliche Nutzen in einer positiven ökologischen Bilanz, da bestehende Infrastrukturen mit primären Aufgaben für den zusätzlichen Zweck „Stromerzeugung“ ausgebaut werden können. Bei Abwasseranlagen wird das Potenzial auf ca. 50 GWh Jahresproduktion mit rund 130 Anlagen geschätzt, wobei bis heute erst ein Bruchteil davon realisiert werden konnte.

wir eine wirtschaftliche Anlage; die entsprechenden Einnahmen von rund 150'000 CHF werden zu einem Drittel an Evionnaz und der Rest an St. Maurice verteilt. Die Amortisation läuft über zehn Jahre. Bis heute konnten wir durchwegs zufriedenstellende Erfahrungen mit dem Betrieb unseres Kleinwasserkraftwerkes machen.“

In La Rasse wurde das bestehende Teilungsreservoirgebäude genutzt, um darauf die Energiezentrale zu platzieren. Die Zuleitung wurde teilweise durch ein grösseres Rohr mit 30 cm Durchmesser ersetzt, damit der Druckverlust vermindert werden konnte und sich die Effizienz steigern liess. Das System um-

Abzweigung auf die zwei Düsen der Pelton-Turbine aus rostfreiem Stahl und mit vertikaler Achse.

schweiz zu Themen der Wasserkraftnutzung übernommen. Dazu gehört auch das breite Sortiment an Broschüren, welche auf die Themen Sanierung, Renovation und Modernisierung gezielt eingehen.

Internet-Link
www.ambios.ch/mhylab

fasst eine 2-düsige Pelton-Turbine mit einem Generator. Durch die vertikale Anordnung erübrigt sich eine wasserseitige Lagerung der Turbine. Diese ist aus rostfreiem Stahl hergestellt, was für Trinkwasseranlagen eine Vorschrift darstellt. So ist auch die By-pass-Einrichtung für den Zufluss ins Reservoir bei zu geringer Wassermenge oder Servicearbeiten mit elektromechanischen Ventilantrieben ausgestattet, um ebenfalls die qualitätssichernden Rahmenbedingung zu erfüllen.



Grundlagen für eine optimale Anlagen-Evaluation

MHyLab bietet Dienstleistungen für selbständige Energieproduzenten, öffentliche Betriebe, Hersteller von Kraftwerkskomponenten, Behörden und internationale Institutionen. Aufgrund von zur Verfügung gestellten Kundendaten werden beispielsweise folgende Planungsunterlagen erstellt:

- Wahl des Turbinentyps
- Wirkungsgrad- und Leistungskurven in Funktion der Durchflussmenge bei Nenn- und Extremgefälle
- Drehzahl
- max. Saughöhe bei Axialturbinen
- hydraulisches Profil der Turbine.

Für rund 15 Turbinenanlagen übernahm MHyLab bisher die Planungsaufgaben und begleitete die Realisierung.

Automatisierte Stromerzeugung

Der mechanische Wirkungsgrad dieser Anlage beträgt ca. 90 %. Mit einer Jahresproduktion von 2 bis 2,5 GWh wird der Strombedarf von rund 550 Haushaltungen gedeckt.

MHyLab lieferte bei diesem Projekt die Dimensionierungsunterlagen, so dass die meisten Komponenten und Bautätigkeiten von lokalen Firmen ausgeführt werden konnten. Dazu zählt auch die automatisierte Überwachung mit direkten Abfrage- und Steuerungsmöglichkeiten von der Zentrale Lavey aus. Umfassende Statistiken geben auf dem PC-Bildschirm jederzeit Übersicht über die verschiedenen Mess- und Produktionsdaten.

Daten

Die Trinkwasser-Anlage von La Rasse weist folgende technische Daten auf:

- Fallhöhe 509 m
- Durchflussmenge max. 180 l/s
- mechanische Leistung max. 753 kW
- elektrische Leistung 714 kW
- Jahresproduktion 2 – 2,5 GWh
- Generator 3 x 380 V
- Pelton-Turbine mit zwei Düsen und 24 Schaufeln; Durchmesser 595 mm.

Dort herrschen andere Gesetze

Neue Initiative zur Realisierung einer für die Alpenregion ausgelegten Windturbinen-Technologie

Detlev Hillmann
ABB Industrie AG
CH-5300 Turgi

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

Markus Geissmann
BFE-Bereichsleiter
Windenergie

Technologische Weiterentwicklungen bei Windkraftwerken und eine dominanter werdende Bedeutung der Stromproduktion durch erneuerbare Energien haben Resultate gezeigt. Die Windenergie ist die weltweit am stärksten wachsende Form der Energieerzeugung. Neue Windparks auf Hügelketten, an Küsten und im offenen Meer wurden in zahlreichen Ländern inzwischen realisiert – weitere sind in Planung.

Neuentwicklung für Extrembedingungen

In der Schweiz hat man in den vergangenen Jahren verschiedene Untersuchungen durchgeführt, die eine Nutzung der Windenergie in der Alpenregion analysierten. Dabei liess sich ein spezielles Anforderungsprofil erkennen, das von den klimatischen und baulichen Extrembedingungen geprägt wird. Konventionelle Windanlagen werden diesen nicht Stand halten können und somit zu einer unbefriedigenden Arbeitsbilanz führen. Neue Ansätze sind dafür gefordert.

Die Unternehmensgruppe ABB will sich mit einer im Jahre 2000 neu formulierten Strategie noch stärker im Markt der Alternativenenergien positionieren und hat inzwischen auch die Initiative für die Realisierung einer „Swiss Alpine Windturbine“ ergriffen.

Anforderungsprofil definiert

Detlev Hillmann, ABB Industrie AG in Turgi, erläutert die extremen Anforderungen, die das Pflichtenheft einer solchen Windturbine enthält: „Wir können im Wesentlichen vier entscheidende Bereiche betrachten. Zunächst handelt es sich um die Kälte von bis zu -40°C und die damit verbundene Vereisungsgefahr. Dann kommen die wechselnden Windverhältnisse mit teilweise hohen Maximalwerten hinzu. Zum Dritten brauchen wir ein mo-

dulares Baukonzept, das den Transport und die Montage vereinfacht und zuletzt, doch äusserst wichtig, sind die Zuverlässigkeit und optische Gestalt dieses Systems äusserst bedeutungsvoll.“

In Zusammenarbeit mit kompetenten Partnern der Industrie wird nun die Entwicklung einer Windkraftanlage angegangen, welche diese Forderungen erfüllt. Neueste Technologiekonzepte der ABB haben im elektrischen Teil von Windturbinen wegweisende Bedeutung erlangt. So arbeitet der sog. Windformer ohne Zwischengetriebe und ohne Transformator, sondern weist



Permanentmagnet-Generator mit Innenmotor als mögliche technische Lösung für den Einsatz in den Alpen.

eine direkt angetriebene Synchronmaschine auf, also einen Generator mit einem innen liegenden Permanentmagnet-Rotor für variable Drehzahlen.

Weniger Bauteile ergeben höhere Zuverlässigkeit

Detlev Hillmann: „Niedrige Drehzahlen und weniger Bauteile in der Turbinengondel führen automatisch zu geringerem Verschleiss, geringerer Baugrösse, reduziertem Montageaufwand usw. Zum Einsatz kommen beispielsweise auch modern-

Internet-Links

Die Vereinigung für Windenergie
www.suisse-eole.ch

ABB im Überblick
www.abb.com

ste Frequenzumrichter aus der ACS-Plattform der ABB, die auf einer neuen Halbleiter-Technologie beruht und auch eine Gleichstromübertragung zu einer zentralen Station ermöglicht.“



Die ACS-Frequenzumrichter der ABB beruhen auf einer neuen Halbleiter-Technologie. (Bilder: ABB)

Alle notwendigen Komponenten der Elektrik, der Überwachung und des Unterhalts sollen im Turmfuss untergebracht werden, wodurch ein möglichst geringer Aufwand beim Bau der Anlage hervorgerufen wird.

Justierbare Rotorblätter sollen eine optimale Ausnutzung schwacher Winde ermöglichen. Im unteren Geschwindigkeitsbereich wird ein Anstellwinkel für maximale Leistung gewählt, während bei starken Winden eine graduelle Leistungsreduktion programmiert wird, um die Lebensdauer der Anlage nicht zu beeinträchtigen. Insgesamt werden zahlreiche, gezielte Lösungen notwendig sein, um die spezifischen Bedingungen beim Einsatz in den Alpen erfüllen zu können.

Gestufter Brennstoff mindert Stickoxid

Geringere Stickoxidemissionen sind das Resultat eines Projekts mit Brennstoffstufung

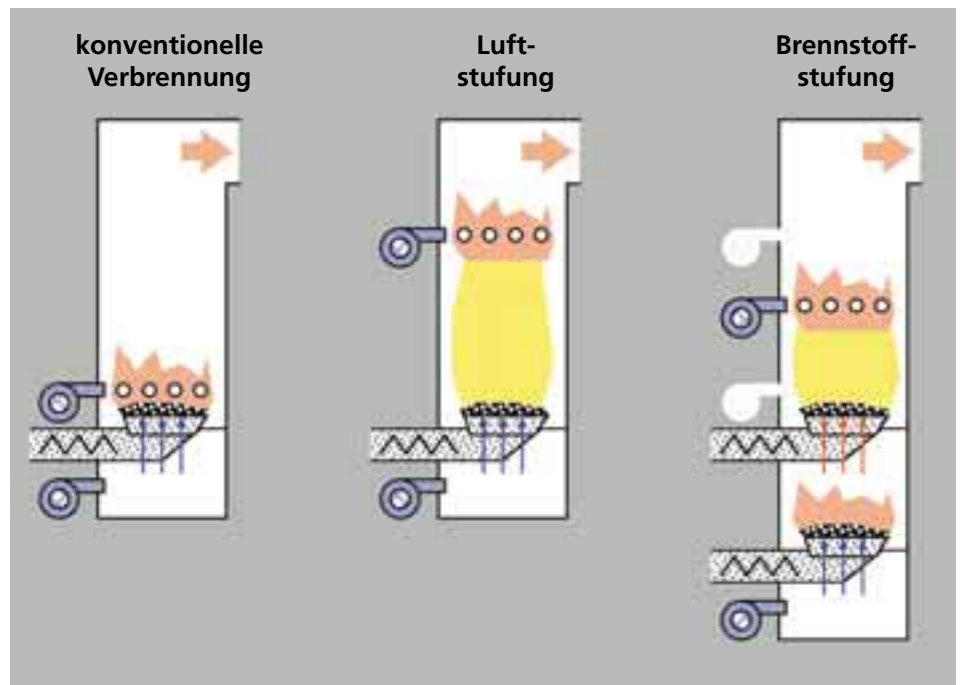
Thomas Nussbaumer
Forschungsprojekt-Leiter
Verenum
CH-8006 Zürich

Daniel Binggeli
BFE-Bereichsleiter
Holz

Stickoxidemissionen gehören zur wichtigsten Gruppe der gesundheitsschädlichen Schadstoffe, die sich aus der thermischen Verwertung von Holz und Biomasse ergeben. Ist deren Entstehung bekannt, so können sie mit gezielten Massnahmen beeinflusst und eine Reduktion dieser Emissionen erreicht werden. Mit dieser Zielsetzung wurde ein Projekt realisiert, das neben der bekannten Luftstufung nun auch die Brennstoffstufung untersuchte.

Bei der Luftstufung wird die Luft so zugeführt, dass die erste Verbrennungsstufe mit Luftmangel betrieben wird (Luftzahl $\lambda < 1$).

Mögliche Betriebsarten der Versuchsanlage: Konventionelle Verbrennung; Luftstufung mit Reduktionszone; Brennstoffstufung.



Nach ausreichender Verweilzeit wird die Ausbrandluft zugegeben, um die Oxidation (Verbrennung) der Gase zu vervollständigen. Bei der Brennstoffstufung hingegen wird durch Zugabe eines zweiten Brennstoffs im Prozess eine brennstoffreiche Zone geschaffen. Darin können die in der

Projekt: Brennstoffstufung zur Stickoxidminderung in einer Unterschubfeuerung; R. Salzmann, Th. Nussbaumer.

Dokumentationen zu automatischen Holzheizungen

Die Realisierung umweltfreundlicher und wirtschaftlicher automatischer Holzheizungen verlangt spezifisches Fachwissen. Die beiden neuen Handbücher zu Grundlagen und Technik sowie zu Planung und Ausführung bieten diese Basis für Anlagen von 100 kW bis 5 MW Leistung. Darin wird das optimale Vorgehen gemäss SIA Leistungsmodell LM 112 von der Vorstudie über Vor- und Bauprojekt bis zur Inbetriebsetzung und Bewirtschaftung aufgezeigt. Im Weiteren sind Hinweise zur Optimierung und Sanierung bestehender Installationen enthalten. Die beiden Dokumentationen mit 175 bzw. 110 A4-Seiten wurden als Baustein der mehrteiligen Dokumentationsreihe „Qualitätssicherung Holzheizung“ konzipiert und durch entsprechende Unterlagen ergänzt.

Die beiden Handbücher werden auch an eintägigen VHe-Kursen für Heizungsplaner eingehend genutzt.

Bezug:

Dokumentation in zwei Teilen:

„Automatischen Holzheizungen: Grundlagen und Technik“;

Thomas Nussbaumer, Jürgen Good, Andres Jenni, Ruedi Bühler

„Automatischen Holzheizungen: Planung und Ausführung“;

Thomas Nussbaumer, Jürgen Good, Andres Jenni, Ruedi Bühler und Hans Rudolf Gabathuler

Preis: einzeln CHF 50.– ; Set CHF 70.–

Schweiz. Vereinigung für Holzindustrie VHe, CH-8008 Zürich oder

ENET Nr. 200140 und 200141.

ersten Zone gebildeten Stickoxide mit den aus dem Zweitbrennstoff freigesetzten Verbindungen reduziert werden.

Testanlage mit zwei Unterschubfeuerungen

In einer Versuchsanlage an der ETHZ, die zwei übereinander angeordnete Unterschubfeuerungen umfasst, konnten die verschiedenen Prozessarten optimal getestet werden. Bei der Brennstoffstufung wird die erste Stufe mit einer Luftzahl von 1,2 bis 1,3 – also überstöchiometrische Verbrennung – betrieben. Die zweite Stufe ist wassergekühlt, wodurch dieser Rost vor thermischer Überbeanspruchung geschützt werden kann, und sich die Temperatur des Abgases der unteren, ersten Stufe in einem gewissen Bereich beeinflussen lässt. Die Versuchsanlage wurde mit diversen Temperaturmessstellen und zwei Gasanalyse-Einheiten ausgestattet.

Die zwei wichtigsten Versuchsparameter bei der Brennstoffstufung sind die Stöchiometrie und die Temperatur in der Reduktionszone. So konnte beispielsweise schon ab 750°C eine merkliche Reduktion der Emissionen festgestellt werden. Und mit sinkender Luftzahl vergrössert sich die Stickoxidreduktion. Ferner hat sich ergeben, dass die Brennstoffstufung im optimalen Temperaturbereich eine deutlich geringere Abhängigkeit der Stickstoffreduktion von der Stöchiometrie aufweist als die Luftstufung.

Von der Theorie bestätigt

Für eine theoretische Betrachtung der Brennstoffstufung wurde ein einfacher Modellansatz gewählt. Dabei konnten die qualitativen Aussagen bestätigt werden. Aufgrund der gewählten Vereinfachungen erlaubt er nur beschränkte quantitative Aussagen, erlaubt jedoch eine Abschätzung über die Auswirkungen von Parameteränderungen.

Obwohl eine erfreuliche Emissionsminderung festgestellt werden konnte, hat die Brennstoffstufung den Nachteil einer komplexeren Technik mit einem Mehraufwand durch zwei unabhängige Brennstoffzuführungen und der entsprechenden Prozessregelung. Die angestrebte NO_x-Minderung konnte – als wichtiger Vorteil – über den gesamten Lastbereich festgestellt werden.

Bildungsmechanismus von Stickoxid NO_x

Um die Wirkungsweise der gestuften Verbrennung zu verstehen, muss der Bildungsmechanismus der Stickoxide (NO_x) aus dem im Brennstoff enthaltenen Stickstoff (N) betrachtet werden. Dieser durchläuft die vier Verbrennungsphasen des Holzes (Trocknung, Pyrolyse, Vergasung und vollständige Oxidation) in verschiedenen Verbindungen. Zuerst sind es HCN und die aminen Formen NH_i. Diese Verbindungen können entweder zu NO oxidieren oder molekularen Stickstoff N₂ bilden. Die Umwandlung von Holzstickstoff zu N₂ und von bereits gebildeten NO zu N₂ kann durch Luft- oder Brennstoffstufung beeinflusst werden, indem eine Reduktionszone mit brennstoffreichem Gemisch gebildet wird. Wichtige Parameter sind dabei der Luftüberschuss (Luftzahl λ), die Temperatur, die Verweilzeit und die Durchmischung.

Besseres Planen

Technisches Handbuch zur Auslegung kostengünstiger Wärmepumpenheizungen für Niedrigenergiehäuser

Martin Zogg

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

Fabrice Rognon

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

Die Erkenntnisse des umfangreichen BFE-Forschungsprojekts über kostengünstige Wärmepumpenheizungen für Niedrigenergiehäuser sind in einem neuen Handbuch zusammengefasst. Dabei werden Bauten mit einem Jahresheizwärmebedarf (Raumheizung) unter 200 MJ/m²a (oder 55 kWk/m²a) und hydraulischer Wärmeverteilung behandelt. Das technische Handbuch dient in erster Linie zur Auslegung von Wärmepumpenheizungen für Wohnbauten nach dem Minergie-Standard, gibt aber auch einen Ausblick auf Passivhäuser mit deutlich geringerem Jahresheizwärmebedarf.

Der ausführliche Grundlagenteil umfasst energetische Kennzahlen, Vergleiche zur Wirtschaftlichkeit und zur Umweltbelastung unterschiedlicher Heizungssysteme. Im Weiteren sind Hinweise enthalten zur Regelung der Wärmepumpenanlagen, zur Optimierung des Gebäudes und des Wärmeverteilsystems, eine Anleitung zur Dimensionierung von Erdwärmesondenanlagen und zur Warmwasserbereitung mit Abluft als Wärmequelle. Mehrere „Highlights“ aus den Erkenntnissen des Projekts seien im Folgenden nochmals erwähnt.

Direkte Integration der Wärmepumpe

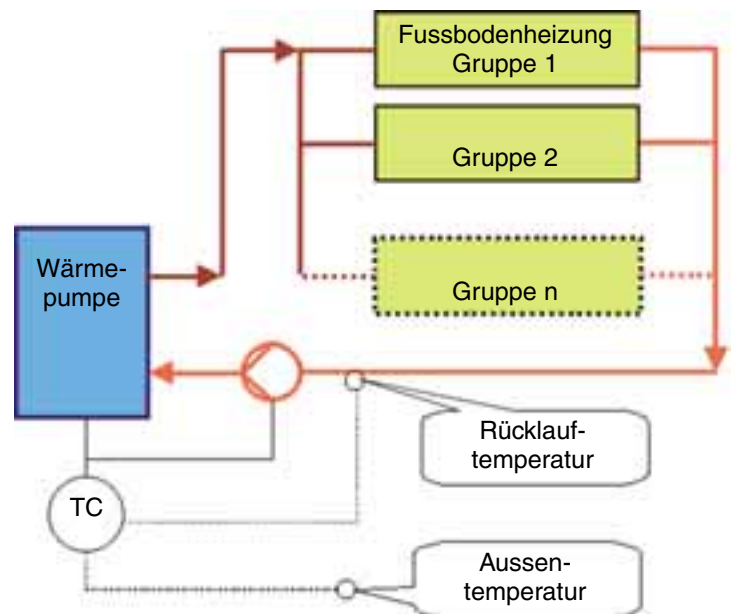
Die Wärmepumpen können bei Fussbodenheizungen mit Vorlauftemperaturen bis 30°C ohne Wärmespeicher, Mischventile und Thermostatventile direkt in den Heizkreislauf eingebaut werden. Dies ergibt eine einfache und kostengünstige Lösung. Dank des Selbstregeleffekts solcher Niedrigtemperaturheizungen funktioniert die Regelung auch mit einfacher aussentemperaturgeführter Rücklauftemperatursteuerung einwandfrei. Modernere Regelungskonzepte ermöglichen allerdings eine bessere Nutzung von Niedertarifzeiten und ein Aufladen vor den EW-Sperrzeiten.

Eine mechanische Lüftung ist als Folge der Dichtheit der Gebäudehülle für eine be-

tragliche Raumluftqualität nötig. Als kostengünstigste Lösungen haben sich Einzelraumlüftungsgeräte und Abluft-Wärmepumpenwassererwärmer erwiesen. Die separate Abluft-Wärmepumpe bringt allerdings gegenüber der Warmwasserbereitung mit der Heizungswärmepumpe keine Energieersparnis.

Sorgfältige Auslegung der Pumpe wichtig

Bei Wärmepumpen mit Erdwärmesonden als Wärmequelle ist einer sorgfältigen Auslegung der Pumpe zur Umwälzung des



Wasser-Glykolgemisches grosse Aufmerksamkeit zu schenken. Hier sind enorme Einsparungen möglich. Meist führt in Erdsonden bis 100 m Länge eine laminare Strömung zum geringsten Energiebedarf!

Um einer Übererwärmung im Gebäude bei schönem Wetter vorzubeugen, sollte das Gebäude genügend thermisch träge Masse

Prinzip der einfachen hydraulischen Einbindung und Regelung einer Wärmepumpe mit Niedrigtemperatur-Fussbodenheizung.

Technisches Handbuch: Kostengünstige Wärmepumpenheizung für Niedrigenergiehäuser: Grundlagen, Planungsvorgehen und Praxisbeispiele; Th. Afjei, A. Büh-ring, M. Dürig, A. Huber, P. Keller, E. Shafai, P. Widmer, G. Zweifel; Schlussbericht; Bezug bei ENET (CHF 40.-)

aufweisen. Insbesondere bei Holzbauten ist eine Beschattungsvorrichtung angezeigt.

Anlagen zur Heizung, Warmwasseraufbereitung und Lüftung sind gemeinsam mit dem Gebäude zu planen.

Systematik durch Beispiele erklärt

Im zweiten Teil des Handbuchs wird das systematische Vorgehen bei der Planung anhand des SIA-Leistungsmodells 95 aufgezeigt und anhand zahlreicher Beispiele illustriert. Schliesslich werden im letzten Teil die Ergebnisse der in den früheren Phasen untersuchten zwei Beispielen von Niedrigenergiehäusern nach Minergie-Standard (Luft/Wasser-Wärmepumpe mit separatem Abluft-Wärmepumpenboiler und Wärmepumpe mit Erdwärmesonde für Heizung und Warmwasserbereitung) zusammengefasst. Schliesslich wird noch ein Passivhaus mit einem Jahresheizwärmebedarf von nur 50 MJ/m²a (14 kWh/m²a) und Warmluftheizung vorgestellt.



Neue Wege zur Heizungssanierung mit Wärmepumpen

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

Programm und Anmeldung:
www.waermepumpe.ch/fe (Veranstaltungen)

Wärmepumpenheizung für Niedrigenergiehäuser

Das am 20. Juni 2001 im Institut für Energie der Fachhochschule beider Basel (FHBB) in Muttenz stattfindende Seminar behandelt die Besonderheiten von Wärmepumpenheizungen in Niedrigenergie- und Passivhäusern. Es richtet sich an Planer, Architekten, Ingenieure, Energieberater (Energiefachstellen, EVUs) und Gerätehersteller, an Fachleute, die Wärmepumpen in Minergie- und Passivhäusern einsetzen wollen.

Mit dem neuen technischen Handbuch „Kostengünstige Wärmepumpenheizung für Niedrigenergiehäuser“ werden Grundlagen vermittelt, das Planungsvorgehen behandelt und Betriebserfahrungen mit Praxisbeispielen analysiert. Kennzahlen und Kostenvergleiche dienen zur Beurteilung und Systemwahl. Hilfsmittel für eine einfache Berechnung der Jahresarbeitszahl und der Dimensionierung einer Sondenpumpe werden vorgeführt. Erfahrungen aus einer zweijährigen Messperiode an drei Pilotanlagen und Tipps aus der Praxis vermitteln den neuesten Stand des Wissens.

Das Seminar wird in Zusammenarbeit mit der Fördergemeinschaft für Wärmepumpen Schweiz (FWS) durchgeführt.

Anmeldung:
a.witmer@fhbb.ch
Tel. 061/467 45 44

Internet-Links

Fachhochschule beider Basel in Muttenz;
Weiterbildung am Departement Bau
www.fhbb.ch/weiterbildung

Fördergemeinschaft Wärmepumpen
Schweiz FWS
www.fws.ch

BFE-Projekt Niedrig-Temperatur-Heizung
mit Wärmepumpen, Phasen 1 – 4:
www.waermepumpe.ch/fe/projekte/nth

Im Kern verwandt

Unterschiedliche Konzepte und Standards zeichnen sich durch das gemeinsame Ziel aus

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

Martin Stettler
BFE-Bereichsleiter
Gebäudesysteme

Die Gebäude stellen den wichtigsten Bereich des gesamten Energieverbrauchs dar. Berücksichtigt man dabei die lange Lebensdauer von Wohn- und Geschäftsbauten, so lässt sich die kritische Bedeutung der gewählten Energietechnik erkennen. Beispielsweise entfallen in der Schweiz auf die Wärme-Erzeugung rund ein Drittel des Endenergieverbrauchs. Gleichzeitig ist aber auch ein Sparpotential vorhanden, das durch verschiedene Massnahmen bereits heute nutzbar ist. Wir sprechen in diesem Zusammenhang von den zahlreichen Stan-

dards und Konzepten zur Verringerung der Energiewerte im Bausektor.

Die ersten Entscheide sind die wichtigsten

Das Bauen selbst beeinflusst die Umwelt in starkem Ausmass. Für die Herstellung von Baustoffen und -produkten wird ein beachtlicher Anteil an Energie benötigt. Bedeutende Entscheide in Bezug auf die Energienutzung erfolgen bereits im frühen Planungsstadium. Zunehmend ist man sich

Standards

Niedrig-Energie-Haus

Mit diesem Begriff wird die Forderung ausgedrückt, beim Bau von Wohn- und Geschäftsgebäuden einen wesentlich niedrigeren Energiebedarf zu realisieren, als dies bei konventionellen Projekten gemacht wird. Eine exakte Definition gibt es nicht. Dieses Konzept orientiert sich an der SIA-Norm 380 und ist inzwischen durch die beiden in der Praxis bereits strengeren Standards Minergie und Passiv-Haus abgelöst worden. Zudem wird an einer neuen SIA-Norm 2010 gearbeitet, die das Niveau dieser Standards aufnehmen soll.

Energiekennzahl für Wärme:

- weniger als ca. 70 kWh/m²a

Rating e-top

Das im Rahmen des Aktionsprogramms Energie 2000 erstellte Planungsinstrument für nachhaltiges Bauen erleichtert die Entscheidungsprozesse in der Startphase und die nachfolgende Auftragserteilung.

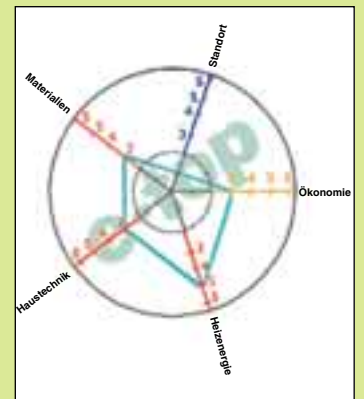
Mit einer Beurteilung (rating) von fünf verschiedenen Kriterien entsteht ein Profil betreffend:

- Standortqualität und Vermietbarkeit
- Ökonomie
- Heizenergiebedarf (hier wurde eine Halbierung der üblichen Werte der Energiekennzahlen angestrebt)
- Haustechnik und Wassererwärmung
- Materialien.

Der Einsatz erneuerbarer Energien, Baumaterialien mit geringer Umweltbelastung sowie die Verkehrsfragen wurden in diesem Konzept als wichtige Bestandteile der Beurteilung integriert.

www.energie2000.ch/Oekobau

Standards

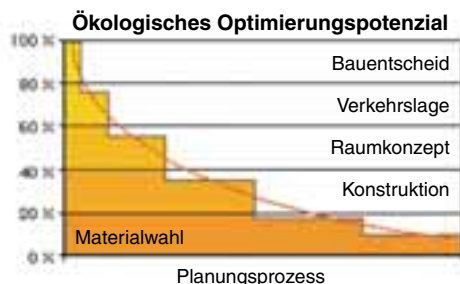


Internet-Links

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

heute dieser Tatsache bewusst. Der Auswahl der Baustoffe kommt hierbei eine wichtige Funktion zu, da diese den Anteil der „grauen Energie“, die für die Herstellung der Baumaterialien verwendet wird, bestimmen. Dieser Ressourcenverbrauch muss deshalb ebenso in die Gesamtbeurteilung einbezogen werden wie der Betriebsmitteleinsatz während der Benutzung des Gebäudes. In diesem Zusammenhang spielt auch die Diskussion um die Möglichkeiten einer Renovation oder Sanierung bestehender Gebäude eine wichtigere Rolle als noch vor Jahren.

Der Wohnkomfort des Mitteleuropäers hat sich gewandelt und damit auch der Energiebedarf. Diesen will man durch Konzept-



Die wichtigen Entscheide werden zu Beginn des Planungsprozesses gefällt. Dabei sind Verkehrslage, Raumkonzept, Konstruktion und Installation von entscheidender Bedeutung.

te und Standards weitmöglichst reduzieren. Dass die damit verbundene Vielfalt an Begriffen verwirrend sein kann, ist offensichtlich. Teilweise widerspiegeln solche Konzepte historisch gewachsene Entwicklungen, teilweise sind es quantitative oder qualitative Standards oder sogar Mischformen.

Die Basis ist für alle überzeugend

Die grundsätzlichen Ideen der meisten Konzepte können jedoch auf die folgenden Wirkungsfelder reduziert werden:

Standards

Minergie-Standard

Minergie ist ein Schweizer Standard, der heute breit abgestützt ist und Wohn- und Dienstleistungsbauten umfasst. Er basiert auf den drei Elementen: dichte Hülle, maximale Wärmedämmung und Belüftungssystem. Dabei wird auf einen hochstehenden Komfort wert gelegt.

Minergie-Bauten dürfen maximal 10% Mehrkosten gegenüber konventionellen Vergleichsobjekten aufweisen.

Energiekennzahl für Wärme (inkl. Warmwasser):

- für Neubauten max. 45 kWh/m²a
- für Baujahr vor 1990 max. 90 kWh/m²a



Minergie-Haus Casa-Vita in Mollis. Dieser Standard findet in der Schweiz zunehmend Verbreitung. (Foto: SSES)

Bei diesen Kennzahlen ist die zugeführte Elektrizität für die Wärme-Erzeugung und Belüftung doppelt gerechnet.

Für Haushaltslektrizität gilt der Grenzwert von 17 kWh/m²a.

www.minergie.ch

CEPHEUS – die europäische Zusammenarbeit im Thermie-Programm

Das Projekt CEPHEUS (Cost Efficient Passive Houses as EUropean Standards) umfasst ca. 265 Wohneinheiten in 15 Teilprojekten, die in fünf europäischen Ländern realisiert werden. In der Schweiz sind 17 Passiv-Häuser der Siedlung „Wegere“ in Nebikon Teil des CEPHEUS-Projekts. Die Haustechnik umfasst Erdregister, kontrollierte Lüftung mit Wärmerückgewinnung sowie eine Wärmepumpe. Zurzeit werden in den bereits fertiggestellten Gebäuden Messungen durchgeführt. Die Resultate werden im Sommer 2001 veröffentlicht.

Kontakt: HTA Luzern
W. Betschart
www.htalu.ch

Passiv-Haus

Der Passiv-Haus-Standard nutzt die Zuluftvorheizung als alleinige Wärmequelle, setzt also kein aktives Heizsystem (auch keine Klimatisierungsanlage) ein.

Energiekennzahlen:

- max. 15 kWh/m²a für Wärme
- für gesamten Haushalt (Warmwasser, Lüftung, Licht, Geräte usw.) max. 42 kWh/m²a, wobei der verwendete Heizstrom mit einem Faktor 2,72 gerechnet wird.

- massive Reduktion der Wärmeverluste
- optimierte Nutzung der Sonnenenergie
- hocheffiziente Hilfssysteme, Wärmerückgewinnung und Geräte
- umweltbewusster Umgang mit Baustoffen.

In die Praxis umgesetzt bedeutet dies:

- Die Gebäudehülle muss so gestaltet sein, dass sie ein Maximum an Wärmedämmung aufweist.
- Ein Belüftungssystem ermöglicht ein behagliches Klima im Innern.
- Das Energiesystem berücksichtigt die vielfältigen technischen Möglichkeiten zur Nutzung von erneuerbaren Energie-

Standards

Der Passiv-Haus-Standard erlaubt eine geringe Heizenergie, hat also keinen Anspruch auf einen autarken Betrieb. Er stellt eine konsequente Weiterentwicklung des Konzepts des Niedrig-Energie-Hauses dar und geht davon aus, dass die Warmwasserenergie und der Haushaltsstrom ebenfalls stark gesenkt werden. Südorientierung und Verschattungsfreiheit erlauben eine effiziente passive Solarenergienutzung.

Darüber hinaus werden Anforderungen an die Gebäudehülle und an die Effizienz der Wärmerückgewinnung gestellt.

www.passivhaus-info.de
www.passivhaus-institut.de

VIP: dünner dämmen

Die thermische Isolation bestimmt die Energieeffizienz eines Gebäudes. Mit beeindruckenden Entwicklungen konnte in den letzten Jahren die Wärmeleitfähigkeit bei Fenstern drastisch gesenkt werden. Die übrige Gebäudeisolation nutzt Luft als Isoliermedium und ist auf diesen limitierten Wärmeleitwert beschränkt bzw. muss mit dicken Wandelementen arbeiten. Die bei industriellen Anwendungen bereits erfolgreich eingesetzten Vakuum-Isolations-Platten (VIP) bieten hier neue Möglichkeiten eines dünnen, wirksamen Wärmeschutzes auch für Gebäude. Die VIP bestehen aus mikroporösen Materialien, die in Folien eingeschweisst und unter Vakuum gesetzt werden.



Mineralwolle und VIP (rechts) im Dickenvergleich bei ähnlicher Dämmungsleistung.

An einer durch EMPA/ZEN organisierten internationalen Konferenz wurde im Januar 2001 das zukunftsweisende Anwendungspotenzial der VIP dargestellt. Der anschließende Workshop diente als Kick-off-Meeting für weitergehende Forschungs- und Entwicklungsarbeiten im Rahmen des IEA-Projekts „High Performance Thermal Insulation Materials (HiPTI)“.

Die IEA-Arbeiten, die das spezifische Einsatzprofil im Gebäudebereich berücksichtigen sol-

len, umfassen: Grundlagen zu Konzepten und Materialien, Anwendung und Systementwicklung, Demonstrationsprojekte sowie die Bereitstellung von Qualitätsrichtlinien und Planungsgrundlagen.

www.empa.ch/zen

Faktor 4

Ausgangspunkt ist die von Ernst Ulrich von Weizsäcker (in Zürich geboren und seit 1991 Mitglied des Club of Rome) formulierte Definition: „Doppelter Wohlstand bei halbiertem Naturverbrauch.“ Diese Idee für nachhaltige Politik und Wirtschaft rechnet sich für die Umwelt und den Verbraucher.

Faktor 4 geht in diesem Sinn auch viel weiter als die Konzeption von energetisch günstigen Gebäuden und umfasst daher Fragen des Naturschutzes, der Artenvielfalt, der Lebensmittel usw.

www.faktor4.de

Niedrigst-Energie-Haus

Diese superlative Formulierung weist auf eine weitere Senkung des Energiebedarfs hin und strebt tiefere Energiekennzahlen an als der Passiv-Haus-Standard.

Energiekennzahl für Wärme:

- max. 5 kWh/m²a

Dabei werden neben den solaren Wärmebeiträgen für die Raumluft, der kontrollierten Lüfterwärmung, den Sonnenkollektoren für das Warmwasser auch die Tageslicht- und Regenwassernutzung sowie die Photovoltaik und eine optimale Regelung aller Komponenten integriert.

trägern oder eines rationellen Einsatzes konventioneller Energien.

- Die Architektur unterstützt einen hohen Nutzungsgrad erneuerbarer Energien (inkl. passive Solarenergie).
- Baustoffe und -konstruktionen werden nach ökologischen Gesichtspunkten ausgewählt.

Verschiedene Entwicklungen einzelner Komponenten haben die Möglichkeiten zum Bau von Niedrigenergiehäusern stark beeinflusst. Beispiele dazu sind die Fenster mit Wärme reflektierenden Gläsern und Edelgasfüllungen, Dämmstoffe für Wandelemente mit einem k-Wert von weniger als 0,15 W/m²K, eine Vielzahl an Solarkollektoren, Wärmepumpen usw. Einen wichtigen Beitrag hat auch die Renaissance des Holzbaustoffs geleistet, der heute in mo-

dularer und innovativer Art zum Einsatz gelangt.

Gewinne und Verluste

Dass solche Gebäudekonzepte auch wirtschaftlich sein können, beweisen die jüngsten Beispiele. Die einen Standards gehen davon aus, dass die Investition nur unwesentlich höher sein darf; auf der anderen Seite ist aber bereits das Energie erzeugende Haus realisiert worden, das eine positive Betriebsenergiebilanz aufweist. Allen Konzepten zu Grunde liegt das Ziel: mehr Komfort ohne Mehraufwand bzw. gleicher Komfort bei geringerem Energie-Einsatz.

Dass unterschiedliche technische oder ökonomische Gegebenheiten die Entwicklung der Konzepte beeinflussen, liegt hingegen

auf der Hand. Oft fehlen exakte Vergleichsmöglichkeiten, da zu viele divergierende Faktoren und Elemente vorhanden sind, und sie dadurch zu einem verzerrten Bild der Kennzahlen führen. Im Übrigen besteht auch eine rege Diskussion unter den Fachleuten zu den Prioritäten, Gewichtung und Unterschieden zwischen berechneten und gemessenen Daten bis hin zur architektonischen Ästhetik. Wenn dabei jeweils das Ziel der Energiereduktion und -diversifikation nicht vergessen wird, dienen diese Auseinandersetzungen wohl in positiver Weise der weiteren Entwicklung hin zu einer Marktdurchdringung nachhaltiger Gebäudetechnologien.

Standards

Null-Energie-Haus

Bei diesem Konzept, sollen die Möglichkeiten der Energiegewinnung aus erneuerbaren Quellen voll ausgeschöpft werden. Der Begriff ist heute etwas überholt, da er zu wenig genau präzisiert, was unter Null-Energie verstanden wird. An seiner Stelle werden heute klarere Standards mit definierten Zielwerten für Heizung, übrige Verbraucher und „Graue Energie“ vertreten.

Standard 21

Dieser geplante Standard für Bauten will neben der Energiefrage auch die ökonomisch-ökologischen sowie baubiologischen, gesundheitlichen und sozialen Aspekte berücksichtigen. Ausgangspunkt ist die Agenda 21, das Abschlussdokument der Rio-Konferenz 1992, an welcher ein globales und lokales Aktionsprogramm für das 21. Jahrhundert beschlossen wurde.

Als Zielsetzung des Schweizer Standards 21 steht die Integration vorhandener Grundlagen wie Rating e-top, Minergie usw. im Vordergrund.

Im Bereich Gesundheit geht es beim Standard 21 um die Begrenzungen von Lufttemperaturen und -bewegungen, von Radon-Belastungen, Wohngiften, Lärm usw. Eine flexible Grundrissaufteilung sowie Dienstleistungen im Wohnumfeld sind weitere wichtige Themen dieses Konzepts von Schweizer Initianten.

www.agenda-21.ch

Standards

Plus-Energie-Haus

Mit dem Plus weist Rolf Disch, D-79115 Freiburg, der Initiant dieses Konzepts, auf die grundsätzliche Idee hin, dass ein Haus zu einem Energielieferanten werden kann, wenn geeignete technische Lösungen eingesetzt werden. Diese Solarhäuser erzeugen mehr Energie als die Bewohner verbrauchen.

In der Regel ist ein Plus-Energie-Haus aus Holz vorgefertigt und mit hochwertiger Wärmedämmung ausgestattet. Auf der Südseite des Daches wird eine flächendeckende Photovoltaikanlage montiert. Mit der Stromspeisung ins öffentliche Netz und der entsprechenden Vergütung erlangt dieses Energiekonzept eine positive Bilanz. Allerdings bleibt dieses Konzept etwas fragwürdig, solange der solare Strom im Sommer erzeugt, aber im Winter bezogen wird.

Energiekennzahl für Wärme:

- ca. 10 – 15 kWh/m²a

www.rolfdisch.de

Innovationen mit Holz

Spacehouse – der Natur abgesehen

Leichtigkeit schliesst Solidität nicht aus, das zeigt uns die Natur. Diese Erkenntnis wurde nun in einer neuartigen Holzbau-technologie umgesetzt. Die zunehmende Bedeutung von Holz als Baumaterial und des Anspruchs an Wärmedämmung haben zu einem erhöhten Aufwand an Planung und Montage geführt. Die Spacehouse-Technologie des Architekten David Muspach ist eine Antwort darauf. Sie kombiniert einzelne Holzstäbe, Knotenelemente aus Chromstahl, Schrauben und Auf-lageteile zu einer leichten und stabilen Fachwerkkonstruktion. Je nach Anforderungen führen 8 – 16 Stäbe in einen Knoten. Die Holzstäbe lassen sich lokal produ-zieren.

www.spacehouse.com



Architos – vernetzt und massgeschneidert

Schweizer Architekten haben zusammen mit der Renggli AG in Schötz im vergan-genen Jahr einen neuen Verband gegründet, der sich einer nachhaltigen Architektur und energieeffizienter Bauweise verpflichtet. Das Wissen um die Vorzüge moderner Holzarchitektur und um die Möglichkeiten neuester Technologien wird hier vernetzt. Die 14 Architekten planen massgeschnei-dert und nutzen bevorzugt die industriell ge-fertigten Holzelemente der Renggli AG.

www.architos.ch
www.renggli-haus.ch

Inserat



FORUM
GESUNDES
BAUEN

FORUM POUR
UNE CONSTRUCTION
SAINE

Neu Bauen statt Sanieren?

Eine Fachtagung des Forum Gesundes Bauen zum gleichnamigen Forschungsprojekt **unter dem Patronat des Bundesamtes für Energie**. Die besondere Eignung des Massivbaus für eine nachhaltige, ökologisch und ökonomisch interessante Bauweise, gepaart mit den vielfältigen Gestaltungsmöglichkeiten, bildet eine gute Basis für die zukunftsweisende Fragestellung dieser Tagung.

Zielpublikum: Investoren, Bauherren, Architekten, Planer, Energiefachleute und Bauunternehmer.

Tagungsleitung: Dr. Ruedi Meier, Bern

Inhalt: Vorstellung der Ergebnisse des Forschungsprojektes „Neu Bauen statt Sanieren“ und Folgerungen durch die Projektleiter Prof. Armin Binz und Walter Ott. Beurteilung von Praxisbeispielen aus der Sicht des Investors, der Siedlungsentwicklung und den Aspekten der Nachhaltigkeit.

Verlangen Sie bitte die Tagungsunterlagen unter Tel. 01-258 82 82 Fax 01-258 83 21 oder E-Mail fgb@baumeister.ch

Datum: 13. Juni 2001
 Zeit: 14.00 – 17.15 Uhr
 Ort: Hotel Allegro, Kursaal Bern
 Tagungsgebühr: Fr. 150.— inkl. Apéro

Ziele: Die Frage, unter welchen Umständen bei ganzheitlicher Betrachtung ein Abbruch und Neubau sinnvoller ist als eine Sanierung und wie eine Ersatzneubau-Strategie gefördert werden könnte, wird anhand von Erkenntnissen aus dem Forschungsprojekt beleuchtet. Ergänzt mit Praxisbeispielen soll dies Impulse für praxismgerechte Lösungsansätze geben. Ökologische, soziale und ökonomische Aspekte sollen in idealer Kombination zu einem grösstmöglichen Kundennutzen führen.

Supraleiter haben Potenzial

Die Technologie der Hochtemperatur-Supraleiter verspricht wesentliche Vorzüge in Stromnetzen

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

Erwin Gautschi
BFE-Bereichsleiter
Elektrizität

Supraleitung bedeutet nahezu fehlender elektrischer Widerstand eines Materials. Zunächst konnte dieser Effekt nur bei tiefen Temperaturen – nahe dem absoluten Nullpunkt von -273°C – beobachtet werden. Nach der Entdeckung der Hochtemperatur-Supraleiter (HTS) – mit rund -140°C Arbeitstemperatur – begann eine intensive Forschungstätigkeit für die Herstellung von supraleitenden Geräten und Anlagen. Wichtiger Aspekt waren dabei die reduzierten Kosten für die Kühlung, für welche der billigere Stickstoff anstatt Helium verwendet werden kann.

Blick auf ein erstaunliches Anwendungspotenzial

Ziel einer Studie zur Anwendung der HTS-Technologie in Stromnetzen – ausgearbeitet durch ABB, ETH Zürich und EPF Lausanne – war ein visionärer Blick auf die zukünftigen Anwendungsmöglichkeiten in einem veränderten Netz. Daraus lassen sich entsprechende Forschungs- und Entwicklungsziele ableiten sowie technische und finanzielle Auswirkungen beurteilen. Zur Energiebilanz und Wirtschaftlichkeit des Einsatzes der HTS-Technologie wurden jedoch keine konkreten Aussagen gemacht.

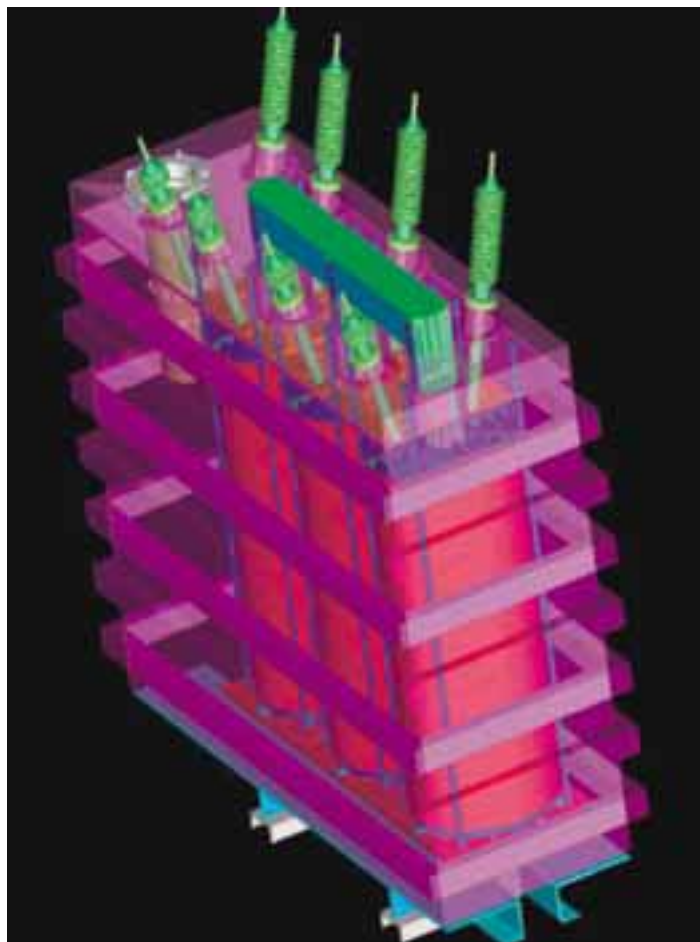
Das westeuropäische Energieübertragungsnetz, bestehend aus Transformatoren, Schaltanlagen und Leitungen ist laufend optimiert worden. Es weist heute eine Verfügbarkeit von mehr als 99,9% auf und Gesamtübertragungsverluste von ca. 7%. Eine Integration neuer Technologien hat sich zunächst an diesen Vorgaben zu orientieren.

Sie hat sich somit vor allem auf eine Minimierung der Verluste unter Beachtung einer erhöhten Wirtschaftlichkeit zu konzentrieren.

Vorteile sind unübersehbar

Für den wirtschaftlichen Einsatz im bestehenden Netz müssen mehrere Vorteile der supraleitenden Komponenten, welche durch neue betriebliche Anforderungen oder Umweltauflagen in den Vordergrund gelangen können, berücksichtigt werden.

Grafik eines HTSL-Trafos für 10 MVA mit integriertem Strombegrenzer.



Schlussbericht:
Application of high
Temperature Super-
conductivity in
Power Systems;
G. Schnyder,
J. Rhyner, D. Poli-
tano, M. Sjöström;
März 2000

Neben den minimalen Übertragungsverlusten ist insbesondere die Eigenschaft der hohen Stromdichte des supraleitenden Materials ein Kriterium, das für den Einsatz der neuen Technologie günstig ist. Die zulässige Stromdichte bekannter HTS-Materialien liegt mit ca. 100 A/mm² deutlich höher als die Stromdichte der konventionellen Aluminium- und Kupferleiter. Mit der Ausnutzung des Übergangs vom supraleitenden in den nicht-supraleitenden Zustand besteht die Möglichkeit, eine weitere Elementeneigenschaft der Supraleitung für den Ein-

Lösungen für kurzfristig realisierbare Anwendungen

Strombegrenzer mit supraleitenden Materialien können unabhängig von der Nennleistung in allen Spannungsebenen schon kurzfristig technisch eingesetzt werden. Je nach erreichbaren Kosteneinsparungen wird bei neuen Anlagen mit einer Redimensionierung von Elementen ein Einsatz in regionalen Verteilnetzen und in Industrienetzen empfehlenswert. In bestehenden Anlagen ist der Einsatz durch Ringbildung



Der 1997 entwickelte supra-leitende Transformator für 630 kVA nutzt HTS-Bänder als Wicklung.

satz im elektrischen Netz zu nutzen, nämlich die der Strombegrenzung bei der kritischen Stromdichte.

Zusätzliche Komponente erhöht das Risiko

Der Einsatz der HTS-Technologie erfordert zwangsweise den Einsatz einer Kühlung. Die Verfügbarkeit ist daher direkt mit dem Funktionieren dieser Kühlung gekoppelt, d.h. einer zusätzlichen Komponente, was eine Verringerung der Verfügbarkeit im Vergleich zu einem konventionellen Kabel oder einer Freileitung bedeutet.

Die Supraleitung wird entdeckt

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts entdeckte man die Supraleitung bei tiefen Temperaturen. In den 60er Jahren konnten elektrische Leiter produziert werden, die Hunderte von Ampères an Strom transportierten und den Bau grosser Magnete ermöglichten. Bekanntes Resultat waren die MRI (Magnetic Resonance Imagery), welche für die Untersuchung des menschlichen Körpers eingesetzt werden. Die beiden Forscher Müller und Bednorz machten 1986 die Entdeckung eines Keramikmaterials für Supraleitung bei höherer Temperatur. Die Kühlung auf nur -140°C war durch flüssigen Stickstoff wesentlich vereinfacht und günstiger, womit der Startschuss für weitere Entwicklungsarbeiten gegeben war.

bzw. erhöhte Vermaschung bei Kraftwerkseinspeisungen sowie Regional- und Niederspannungnetzen ebenfalls wirtschaftlich interessant.

Kurzfristig realisierbar sind auch Transformatoren mit supraleitenden Wicklungen. Sie weisen grundsätzlich das gleiche Betriebsverhalten auf wie konventionelle Typen. Beim Einsatz des Transformators ist zudem die Integration eines HTS-Strombegrenzers ein wesentlicher Vorteil. Die HTS-Technologie zeichnet sich beim Transformator

Internet-Links

Alles zum BFE-Forschungsprogramm
Elektrizität
www.electricity-research.ch

Hochtemperatur-Supraleiter im Rahmen
der ABB-Entwicklungen
www.abb.com

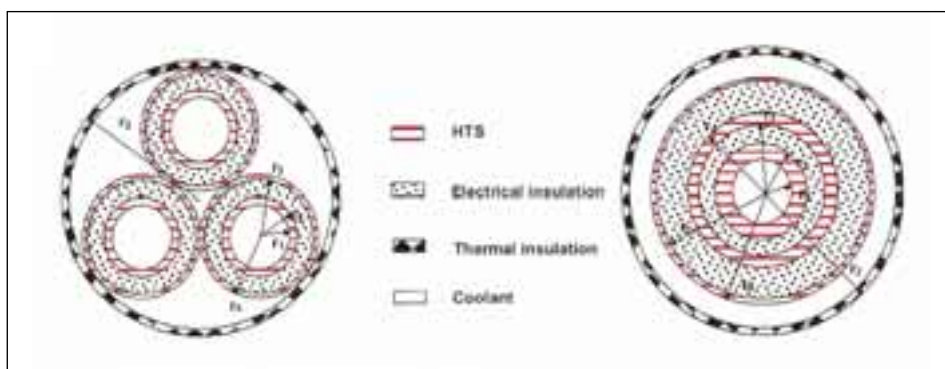
mator durch niedrige Verluste sowie Gewichts- und Volumenverminderungen aus. Dies bedeutet die Unterbringung von mehr Leistung auf gleichem Raum. Ein weiterer Vorzug ist die geringere Umweltbelastung: Durch den Wegfall des Isolierstoffs Öl lassen sich Installations- und Recyclingskosten vermindern und die Gefahr einer Wasserverschmutzung ausschalten.

Lösungsansätze für mittelfristige Anwendungen

Werden konventionelle Kupferkabelstrecken durch HTS-Kabel ersetzt, so kann eine höhere Leistung bei gleichzeitig geringeren elektrischen Verlusten übertragen



Supraleitender Transformator mit integriertem Strombegrenzer. Gewichts- und Volumeneinsparungen sind Vorzüge dieser Technologie.



Koaxiale (links) und konzentrische Anordnung der einzelnen Phasen in einem supraleitenden Kabel.

werden. Dies bietet Perspektiven für den umweltverträglichen Ersatz von Freileitungen und die Möglichkeit, dem steigenden Energiebedarf in den Ballungszentren nachzukommen. Denkbare Szenarien sind Verbindungen durch Strassen- und Bahntunnels als Alternativen zu den Freileitungen über die Alpen.

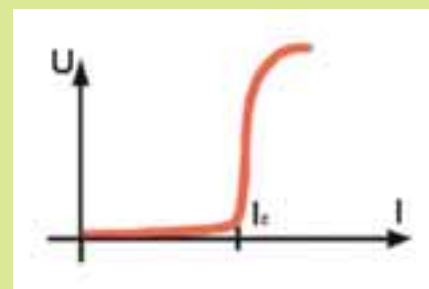
Ein wichtiger Aspekt bei supraleitenden Kabeln ist deren Aufbau: Es ist neben der koaxialen auch eine konzentrische Konstruktion eines 3-phasigen Kabels denkbar. Beide Varianten gewähren eine Elimination der elektromagnetischen Beeinflussung ausserhalb des Kabels, was sie für Hochstromanwendungen geeignet macht. Interessant könnte der Einsatz solcher Kabel in einem Gleichstromsystem sein, weil damit

einzelne Spannungsebenen des elektrischen Netzes eventuell überflüssig werden.

Durch den Aufbau von Stromnetzen mit niedrig-ohmigen supraleitenden Kabeln und Transformatoren mit reduzierten Kurzschlussimpedanzen steigt die Übertragungskapazität und Stabilität des Netzes. Denn die Spannungsabfälle werden reduziert und die zu übertragende Blindleistung wird minimiert.

Strombegrenzer

Supraleitende Strombegrenzer haben – aufgrund ihrer Charakteristika – die Fähigkeit, den Stromanstieg bei Kurzschluss zu begrenzen, bzw. zeitlich zu verlängern. Damit werden die nachfolgenden Geräte und Anlagenelemente geschützt, d.h. sie können für kleinere Abschaltströme aus-



Strom-Spannungskurve mit nichtleitendem Übergang bei der kritischen Stromdichte I_c .

gelegt werden. Strombegrenzer dienen dadurch auch der Redimensionierung von Transformatoren, Schaltanlagen, Leistungsschaltern, Kabeln usw. Die Lebensdauer der Netzelemente wird durch die reduzierte mechanische Beanspruchung erhöht.

Kompetenz gewährt Sicherheit

Mit ihren Empfehlungen prägt die CORE die Ausrichtung der Forschungsaktivitäten im Bereich der Nukleartechnik

Wolfgang Kröger
BFE-Programmleiter
Nukleare Sicherheit
und Entsorgung
c/o Paul Scherrer
Institut,
CH-5232 Villigen

**Christophe
de Reyff**
BFE-Bereichsleiter
Kernenergie

Die Sicherheit der bestehenden Kernkraftwerke und die Entsorgung radioaktiver Abfälle müssen gewährleistet werden. Das sind die Themenschwerpunkte des energiepolitischen Programms und des Konzepts der Energieforschung des Bundes, das durch die Eidgenössische Energieforschungskommission CORE ausgearbeitet wurde. Die Kernkraftwerke sind mit einem Produktionsanteil von fast 40% neben den Wasserkraftwerken der Hauptpfeiler der inländischen Stromerzeugung. Sicherheitsforschung ist deshalb einerseits für den Betrieb dieser Anlagen ausserordentlich wichtig, andererseits ist sie nötig, um eine ausreichende Kompetenz in nuklearen Fragen sicherstellen zu können. Denn unabhängig von der längerfristigen Bedeutung der Kernenergie wird dieses Know-how aus Sicherheitserwägungen heraus unabdingbar sein. Aber auch bei nicht energetischen Anwendungen der Nukleartechnologie sind entsprechende Kenntnisse gefragt, beispielsweise in der Medizin, der übrigen Forschung und der Industrie.

Herausforderungen bei der Finanzierung

Die CORE sieht in ihrem Konzept eine mögliche Reduktion öffentlicher Mittel zugunsten einer verstärkten Unterstützung durch die Privatwirtschaft vor, was jedoch nicht zu einer personellen und qualitativen Beeinträchtigung der Forschungsaktivitäten führen darf.

Das Paul Scherrer Institut (PSI) in Villigen ist der Hauptakteur der Nuklearforschung in der Schweiz; diese wird neben öffentlichen Geldern mit einem erheblichen Anteil von Drittmitteln finanziert und ist durchwegs international vernetzt und eingebettet. Für das PSI wird es in den kommenden Jahren darum gehen, im Einklang mit der Strategie der CORE die Grundlagenarbeit in den Bereichen Sicherheitsforschung, radioaktive Abfälle sowie zukunftsorientierte Forschungsaspekte weiter zu optimieren.

Fusion mit zahlreichen Fragen

Neben der Kernspaltung als technologische Grundlage sämtlicher Kernkraftwerke ist die Kernfusion nach wie vor eine interessante Option als zukünftige Energiequelle. Die nötigen Forschungsarbeiten sind sehr umfangreich, weshalb noch kaum klare Prognosen zur technischen Machbarkeit, zur Wirtschaftlichkeit sowie zur Akzeptanz möglich sind. Schweizer Forscher an der ETH Lausanne (CRPP) und am PSI haben – eingebunden in die internationale Zusammenarbeit – auch in diesem Forschungsbereich hervorragende Arbeit geleistet. Sie profitieren zudem vom wissenschaftlichen Austausch und von den Ergebnissen der Materialforschung, die auch in anderen Energie relevanten Technologiebe-

PSI – multidisziplinär und international

Das Paul Scherrer Institut (PSI) in Villigen arbeitet als Forschungszentrum für Natur- und Ingenieurwissenschaften national und international mit Hochschulen, anderen Instituten, Fachhochschulen und der Industrie zusammen. Mit seinen ca. 1200 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern stellt es das grösste Forschungsinstitut und zugleich einzige seiner Art in der Schweiz dar. In der Festkörperforschung und den Materialwissenschaften geht man den winzigen Strukturen und neuen Materialien nach. In Biologie und Medizin befasst sich das PSI mit Diagnosemethoden und der Behandlung von Tumoren. Die Elementarteilchenphysik erforscht die kleinsten Bausteine der Materie. Und die Energieforschung konzentriert sich auf Themen, die zu einer globalen nachhaltigen Energienutzung und zum sicheren Umgang mit Energietechniken beiträgt.

www.psi.ch

Quelle:
Konzept der
Energieforschung
des Bundes
2000 – 2003
Ausgearbeitet durch
die Eidgenössische
Energieforschungs-
kommission CORE.

reichen, wie Sonnenenergie, Brennstoffzellen, Wärmetauscher usw. nutzbar sind. Ausserdem können in den jeweiligen Instituten anspruchsvolle Ausbildungsplätze geschaffen und erhalten werden.

PSI-Projekt: Früherkennung von Ermüdungsschädigung an Komponenten

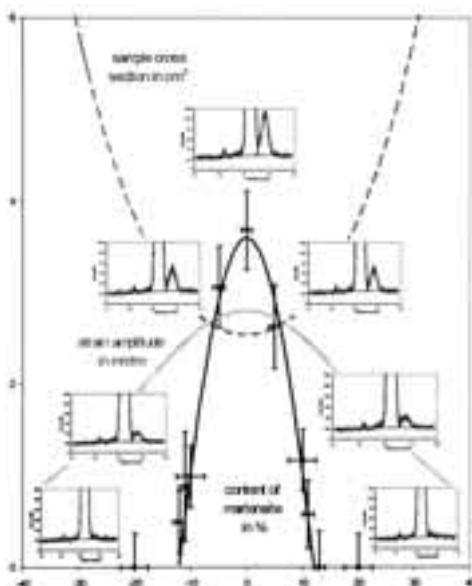
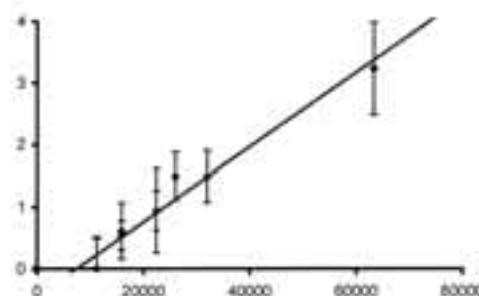
Ein frühzeitiges Erkennen von Materialveränderungen in Rohrleitungen von Kernkraftwerken ist für die Sicherheit und für eine zuverlässige Funktionsweise notwendig. Deshalb haben sich PSI-Fachleute intensiv mit zerstörungsfreien Methoden, die eine Ermüdung im rostfreien Stahl lokalisieren können, befasst und verschiedene neue Erkenntnisse gewonnen. Das auch vom BFE (HSK – Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen) unterstützte Projekt FEVER behandelt die Charakterisierung und Überwachung mikrostruktureller Veränderungen im Vorriss-Stadium bei niederzyklischer Ermüdung in austenitischen Rohrleitungsstählen. Thermomechanische Belastungen treten typischerweise bei Anfahr- und Abschaltvorgängen sowie bei ändernden Betriebsfahrweisen

auf. Die Untersuchungen zeigten nun, dass sich mit zunehmender Zykluszahl eine deformationsinduzierte Phasentransformation vom Austenit zum Martensit feststellen liess.

Mit Hilfe von Diffraktometern, die an der Neutronenquelle SINQ des Paul Scherrer

Instituts angeschlossen sind, konnten Korrelationen zwischen dem lokalen Martensit-Gehalt und der Zykluszahl (Lebensdauer) beobachtet werden. Die Neutronenstreuung ist eine ideale Untersuchungsmethode, da die Kristallgitter-Strukturen von Austenit und Martensit unterschiedlich sind. Somit war es erstmals möglich, den

Martensit-Gehalt (in %) in Abhängigkeit der Zyklusanzahl bei den Untersuchungen.



Martensitgehalt (in %) in Abhängigkeit der axialen Position (mm) in den untersuchten Proben.

Internet-Links

CORE – die Eidgenössische Energieforschungskommission
www.admin.ch/bfe/d/index

Das Paul Scherrer Institut im Überblick
www.psi.ch

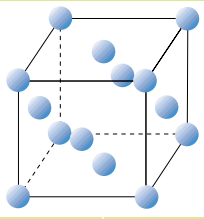
Die Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK) ist in der Schweiz die Sicherheitsbehörde des Bundes auf dem Gebiet der Kernenergie
www.hsk.psi.ch



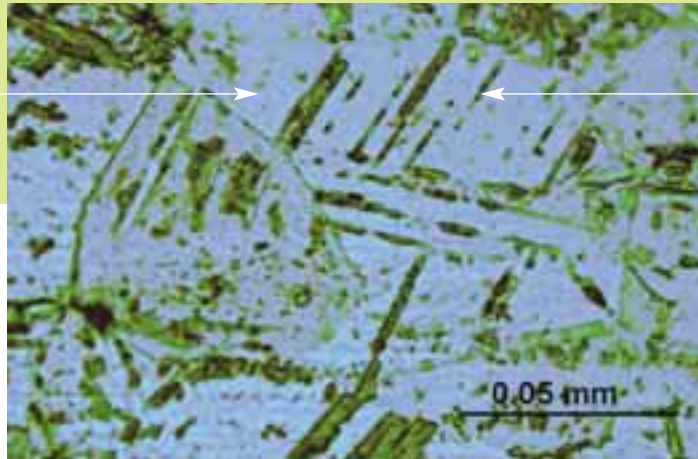
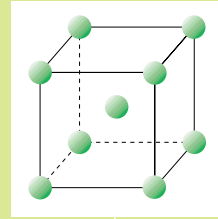
Probenuntersuchungen an der SINQ des Paul Scherrer Instituts.

Austenit und Martensit

Austenit ist ein Stahlgefüge, das sich aus Mischkristallen des kubisch raumzentrierten γ -Eisens aufbaut, in denen neben Kohlenstoff noch Legierungselemente wie Nickel, Chrom, Molybdän usw. gelöst sein können. Austenitische Stähle sind unmagnetisch. Sie haben wegen ihrer Korrosionsbeständigkeit und ihres vorteilhaften Festigkeits- und Tieftemperaturverhaltens eine grosse Bedeutung im Apparatebau. Die grösste Gefahr für Austenit-Stahl liegt jedoch in der Spannungsrisskorrosion.



Martensit ist eine meist nadelförmige Gefügeform des Stahls, welche Härte und Festigkeit erhöht. Sie kann durch Temperaturänderungen oder Deformationen gebildet werden. Martensit ist magnetisch.



Schliffbild von Austenit-Stahl mit umgewandelten Martensitnadeln (schwarz).

Martensit-Gehalt in der durch niederzyklische Ermüdung betroffenen Schädigungszonen mit einer zerstörungsfreien Methode zu quantifizieren und deren Einflussgrößen zu identifizieren. Nach Überschreiten gewisser Grenzwerte steigt der Martensit-Gehalt annähernd linear an, sowohl mit steigender Lastamplitude als auch mit steigender Zyklenanzahl.

Messungen der magnetischen Streufeldstärke mit empfindlichen Sensoren sowie mit miniaturisierten Wirbelstromsonden wurden daraufhin durchgeführt, um die Resultate der Werkstoffcharakterisierung auf eine zerstörungsfreie on-line Überwachungsmethode zu übertragen. Als Problem ist die Detektion des sehr geringen Martensit-Gehalts von 0,5 – 3 Volumen-

prozenten zu nennen. Beide Messverfahren konnten diesen geringen Anteil jedoch problemlos auflösen, wodurch man eine wichtige Grundlage für eine Früherkennung geschaffen hat.

PSI-Forschungsbericht:
Microstructural investigations and monitoring of low-cycle fatigue degradation in meta-stable austenitic steel;
M. Grosse, D. Kalkhof, M. Niffenegger.

Mit der Anode wirds günstiger

Ein neuartiger Zellaufbau ermöglicht kostengünstigere Herstellung und wirtschaftlicheren Betrieb von SOFC-Anlagen

Beat Gut

EMPA, Abt. Hochleistungskeramik
CH-8600 Dübendorf

Ludwig Gaukler

ETH
CH-8092 Zürich

Martin Rügsegger

BFE-Bereichsleiter
Brennstoffzellen

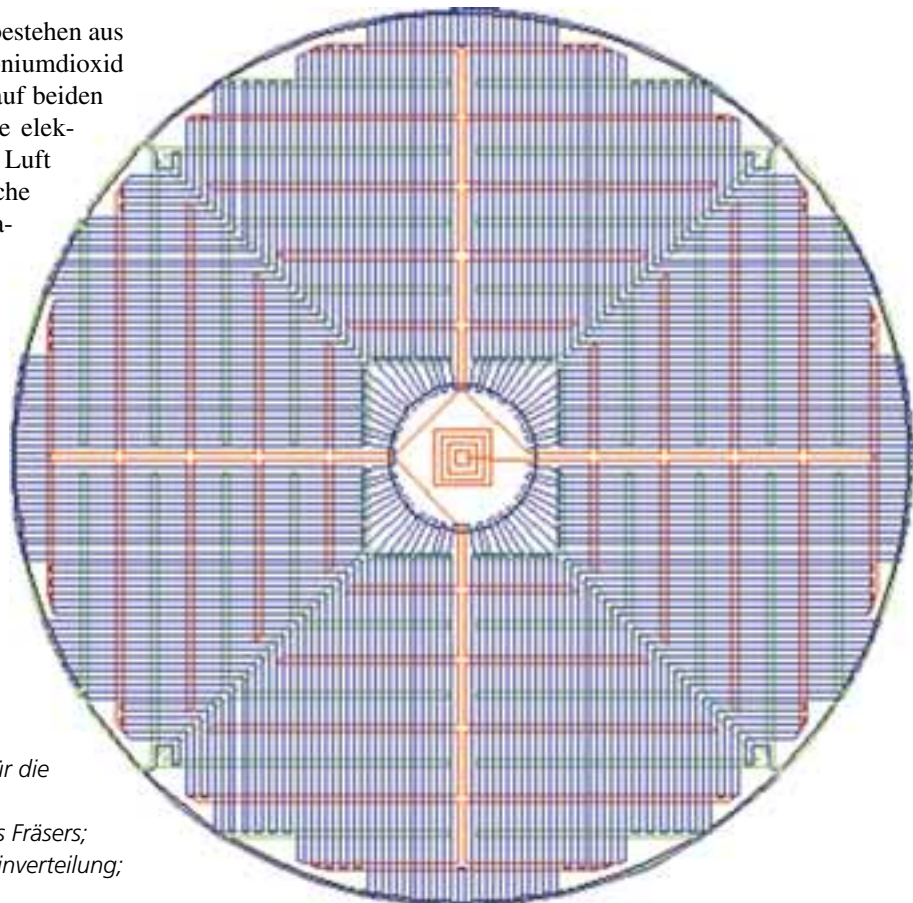
Brennstoffzellen des Typs SOFC (Solid Oxide Fuel Cell) sind vor allem für den stationären Einsatz zur Erzeugung von Strom und Wärme vorgesehen und versprechen, eine zunehmend wichtigere Rolle im künftigen Energiemarkt einzunehmen. Herstell- und Betriebskosten sind allerdings noch hoch. Eine Weiterentwicklung des Zellenkonzepts und dessen Produktionsweise wird als wertanalytische Massnahme zurzeit von den drei Forschungspartnern EMPA, ETHZ und EPFL mit einem gemeinsamen, vom BFE mitfinanzierten Projekt verfolgt. Ziel ist dabei, im Gegensatz zur bestehenden Zellengestaltung mit Elektrolyt-Abstützung neu einen Anoden-Support (AS-PEN) zu realisieren.

Temperatursenkung mit neuem Konzept möglich

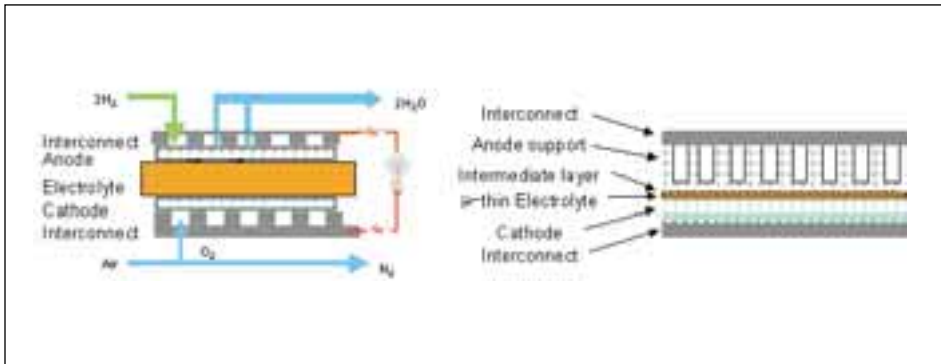
Konventionelle SOFC-Zellen bestehen aus einem Elektrolyten aus Zirkoniumdioxid mit beschichteten Elektroden auf beiden Seiten. Damit wird sowohl die elektrochemische Separation von Luft und Gas als auch die mechanische Stabilität gewährleistet. Die Stapel werden aus einzelnen Zellen gebildet und mit Interconnector-Platten ergänzt, die aus teuren Chromlegierungen hergestellt werden müssen. Mit der neu entwickelten AS-Zelle kann man die Betriebstemperatur

von über 900°C auf 700–800°C senken und somit rostfreien Stahl einsetzen, womit sich die Herstellkosten markant senken lassen. Hinzu kommt noch der Vorteil der längeren Lebensdauer der gesamten Zelle aufgrund reduzierter Temperaturbelastung.

In dem seit einem Jahr laufenden Projekt konnten unter anderem eine Testzelle von 35 mm Durchmesser sowie gepresste Anodensubstrate entwickelt werden. Neben der Definition des neuen Konzepts sind auch die entsprechenden Herstellverfahren für die Zellenproduktion von Bedeutung.



Beispiel einer Kanalgestaltung für die Zuführung des Treibstoffs (Gas).
Abgebildet sind die Spuren eines Fräasers;
rot = Treibstoffzufuhr; blau = Feinverteilung;
grün = Reaktionsgasabführung.



Vergleichsgrafik: heutiges Elektrolyt-unterstütztes Zellenkonzept (links); neues Anode-unterstütztes Design (rechts).

Neue Materialien für die Anodenbeschichtung

Ausgangspunkt für die auf der Interconnector-Platte angebrachte Anodenbeschichtung war zunächst eine neue 50/50%-Mischung des vertrauten Nickel-Zirkoniumdioxid-Gemisches. Mit geeigneten Auftragsverfahren konnten Testmuster hergestellt werden. Später wird eine Anode aus Nickel-Cer-Gadolinium-Oxid (Ni-CeGd) integriert, welche verbesserte katalytische Aktivität sowie elektrochemische Leistung bei 600 – 800°C aufweist.

Gleichzeitig wurden auch die verschiedenen Verfahrensparameter für das Aufspritzen des Zirkonium-Elektrolyten und der Cer-haltigen Zwischenschicht sowie der Siebdruck-Einsatz für die Kathoden untersucht.

Im Substrat integrierte Gaskanäle

In Verbindung mit der Entwicklung neuer keramischer Substrate gestaltete man unterschiedliche Gaskanal-Designs für die

In diesem Jahr werden die Forschungsarbeiten an der AS-Zelle fortgesetzt und die elektrochemischen Tests einer Zelle mit 120 mm Durchmesser durchgeführt. Bei positivem Verlauf wird dann ein Zellenstapel hergestellt und untersucht. Funktionstests sowie Produktionsabklärungen werden die nächsten wichtigen Schritte auf dem Weg zu einer wirtschaftlicheren SOFC-Brennstoffzelle sein.

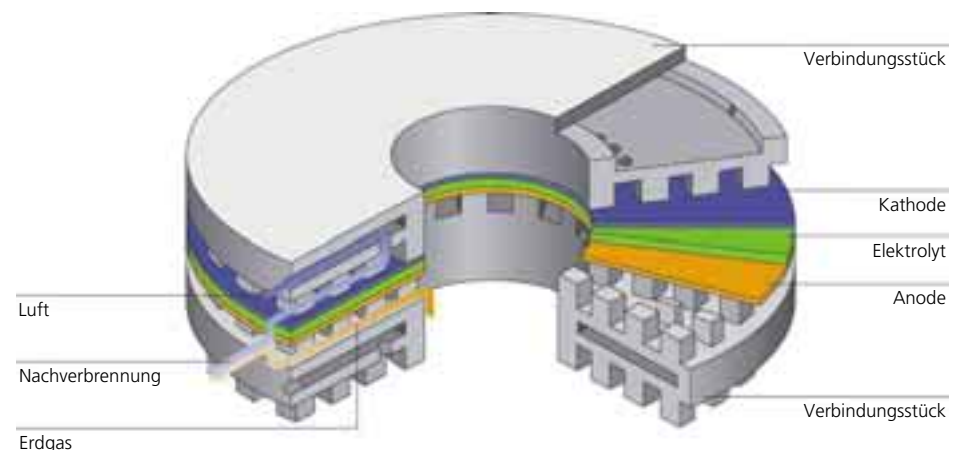
Internet-Links

ETHZ: die SOFC-Gruppe des Instituts für Nichtmetallische Werkstoffe (Ceramics)
<http://lomer.ethz.ch>

EPFL: Laboratory for Photonics & Interfaces (LPI)
<http://dcwww.epfl.ch/icp/ICP-2>

EMPA: keramische Werkstoff- und Verfahrenstechnik
www.empa.ch/deutsch/fachber/abt123

Sulzer Hexis: Führender Schweizer Hersteller von SOFC-Brennstoffzellen
www.hexis.com



Heutiger Aufbau eines Zellenstapels mit den aufwändig herzustellenden Verbindungsstücken. (Grafik: Sulzer Hexis AG)

AS-Zelle. Ziel ist dabei, eine optimale Gestaltung für eine homogene Treibstoffverteilung bzw. einen Reaktionsgas-Abfluss bei möglichst geringem Druckverlust zu entwickeln. Zur Beurteilung der Designs werden prototypische Zellen gefertigt und im elektrochemischen Test bei gleichzeitiger ortsabhängiger Analyse der Anodengase geprüft.

Erfolgreich geregelt

SwissMotor-Regelung für den praktischen Einsatz im Blockheiz-Kraftwerk entwickelt

Martin Zogg

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

Fabrice Rognon

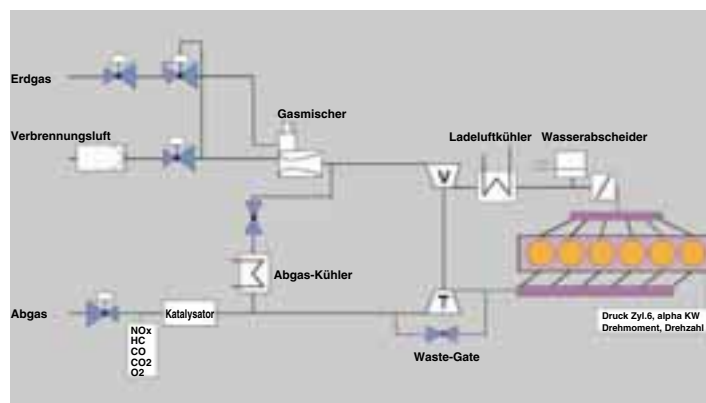
BFE-Bereichsleiter
Wärme-Kraft-
Kopplung

Am Institut für Energietechnik der ETH Zürich (Laboratorium für Verbrennungstechnik und Verbrennungsmotoren LVV) wurde ein neues Konzept für einen aufgeladenen Gasmotor mit Abgasrückführung entwickelt und in Zusammenarbeit mit der Herstellerfirma Liebherr und Dimag erprobt. Der als „SwissMotor“ bezeichnete Gasmotor erreicht gegenüber konventionellen Motoren mit stöchiometrischem Betrieb einen um rund 20% höheren mechanischen Wirkungsgrad und wesentlich tiefere Emissionswerte. In der Leistungsklasse 150 bis 200 kW wurden bei gleichem Hubraum sogar über 40% erreicht. Im Rahmen eines Teilprojekts wurden für den SwissMotor – im Auftrag des Bundesamts für Energie und in Zusammenarbeit mit dem Institut für Mess- und Regelungstechnik (IMRT) der ETHZ – eine spezielle Regelungsstrategie entwickelt. Diese dient zur automatischen Anpassung des Motorbetriebs und des Abgas-Nachbehandlungssystems bei Variation der Motorlast und bei Änderung der Erdgaszusammensetzung.

Diese Regelung wurde auf dem hochdynamischen Prüfstand der EMPA in Dübendorf durch aufwändige Messungen erprobt und hat folgende Erkenntnisse gebracht:

Messungen bestätigen Regelkonzept

Um diese Anforderungen zu erfüllen, sind folgende Regelkreise von Bedeutung: Lambda-Regelung (Abgas-Nachbehandlung), Ladetemperatur (Leistung und



Klopftendenz), Temperatur des rückgeführten Abgases (Einfluss auf die Abgas-Rückführungsrate und die Klopftendenz) und Zündzeitpunkt (Klopftendenz, Leistung und Wirkungsgrad). Die Messungen zeigten, dass die gestellten Anforderungen mit dem neuen Regelungskonzept erfüllt werden.

Nicht nur im stationären Betrieb, sondern auch bei Variation der Motorleistung konnten die Abgasemissionen deutlich unter den sehr strengen Grenzwerten für die Stadt Zürich gehalten werden.

Das neue Regelungskonzept vermag die in der Praxis vorkommende Variation der Gas-

Versuchsanordnung zur Erprobung der Regelung des SwissMotors für den Betrieb bei Teillast und variabler Erdgaszusammensetzung (aus Schlussbericht).

Dezentrale Stromversorgung am Beispiel der Wärmekraftkopplung

An der SES-Fachtagung vom 11. Mai 2001 im ABB Forschungszentrum Dättwil werden Potenziale, Hindernisse und Perspektiven der Wärmekraftkopplung im Umfeld der Strommarktliberalisierung aufgezeigt. Sparsame Energienutzung hat in der schweizerischen Energiepolitik oberste Priorität. Die Technologien dafür sind vorhanden. Ein Paradebeispiel ist die Wärmekraftkopplung (WKK) mit ihrem Potenzial für eine dezentrale Stromproduktion. Schweizer Unternehmen verfügen hier über grosses technologisches Know-how. Die Beseitigung von Hindernissen und die aktive Förderung der WKK sind darum ab elektrischen Wirkungsgraden von 33% ein unverzichtbarer Bestandteil einer nachhaltigen und innovativen Energiepolitik.

Organisation: Schweizerische Energie-Stiftung SES,
CH-8005 Zürich
inge.tschernitschegg@energiestiftung.ch

Internet-Links

Homepage des BFE-Forschungsprogramms UAW
www.waermepumpe.ch/fe

Das Laboratorium für Verbrennungstechnik und Verbrennungsmotoren LVV an der ETHZ
www.lvv.ethz.ch

Übersicht über das Institut für Mess- und Regeltechnik (IMRT) der ETHZ
www.imrt.ethz.ch

EMPA – die Materialprüf- und Forschungsanstalt
www.empa.ch

zusammensetzung hervorragend zu bewältigen. Selbst bei sprunghaften Zusammensetzungsänderungen verschwinden die damit verbundenen kurzzeitigen Spitzenwerte der CO- und NO_x-Emissionen innerhalb von weniger als 10 Sekunden.

Für den Praxiseinsatz vorbereiten

In einer nächsten Projektphase wird das Regelungskonzept auf das für den praktischen Betrieb eines Blockheiz-Kraftwerks (BHKW) Notwendige vereinfacht. In einer anschliessenden Feld-Erprobung soll dann dem SwissMotor der Weg für den kommerziellen Einsatz in Blockheiz-Kraftwerken mit höchsten elektrischen Wirkungsgraden und geringsten Emissionen geebnet werden.

Schlussbericht:

Regelung des SwissMotors für den Einsatz in der Praxis;

Teilprojekt des Projektes SwissMotor;

Ch. Nellen, K. Boulouchos, Ch. Schaefer,

Ch. Onder;

download: www.waermepumpe.ch/fe

Rubrik „Berichte“

oder bei ENET Nr. 0039708

	Veranstaltung	Seite
April		
3.	Berner Energie-Apéros: Neu Bauen statt Sanieren Schweiz. Hochschule für Holzwirtschaft, Biel www.okapublic.ch	
21.	Fachtagung des ISKB: Marktöffnung, Ökostromzertifizierung Landhaus Solothurn www.iskb.ch	15
24.	Berner Energie-Apéros: Passivhaus – zehnmal weniger Energie Gewerblich-industrielle Berufsschule Bern www.okapublic.ch	
25./26.	Planungs-Workshop Passivhaus Schweiz. Hochschule für die Holzwirtschaft, Biel www.swood.bfh.ch	
Mai		
4.–12.	Zürcher Festival des Wissens – nachhaltige Begegnungen www.wissensfestival-zh.ch	
8.	Wärmepumpentagung: Neue Wege zur Heizungssanierung mit Wärmepumpen HTA Burgdorf www.waermepumpe.ch/fe (Veranstaltungen)	24
9.	Berner Energie-Apéros: Frischluff mit Komfortlüftung – Minergie und Passivhaus Hochschule für Technik und Architektur Bern www.okapublic.ch	
11.	SES-Fachtagung: Dezentrale Stromversorgung am Beispiel der Wärmekraftkopplung ABB Forschungszentrum Dättwil Schweizerische Energie-Stiftung SES, CH-8008 Zürich	38
14.	Berner Energie-Apéros: Blockheizkraftwerke z.B. mit Brennstoffzellen – neue Perspektiven der Energieversorgung Hochschule für Technik und Architektur Bern www.okapublic.ch	
Juni		
13.	Neu Bauen statt Sanieren? Fachtagung des Forum Gesundes Bauen Hotel Allegro, Kursaal Bern fjb@baumeister.ch	29
20.	Seminar: Wärmepumpenheizung für Niedrigenergiehäuser Fachhochschule beider Basel FHBB www.fhbb.ch/weiterbildung	24
September		
	Cycle d'études postgrades en énergie EPFL http://postgrade-energie.epfl.ch	3

Energiekalender des BFE:

Die chronologische Übersicht zu Aus- und Weiterbildungsangeboten sowie Veranstaltungen im Energiebereich in der ganzen Schweiz und im nahen Ausland. Der Energiekalender erscheint halbjährlich jeweils im Februar und August.

Gratis-Bezug der Faltbroschüre bei:

SYNETRUM AG, CH-3280 Murten

Oder monatlich aktualisiert im Internet:

www.admin.ch/bfe

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

Energieforschung allgemein

Energie-Forschung 2000/Recherche énergétique 2000

Übersichtsberichte der Programmleiter/Rapports de synthèse, chefs de programme; BFE/OFEN; 150 S./p.; SFr. –
 Nr. 210030

ENET-NEWS Nr. 46 deutsch

BFE; 12.2000; 44 S., SFr. –
 Nr. 200156

ENET-NEWS Nr. 46 französisch

BFE; 12.2000; 44 S., SFr. –
 Nr. 200157

Recherche, développement et démonstration dans le domaine de l'énergie en Suisse: liste des projets 1998/1999

BFE/OFEN; 11.2000; 58 p., SFr. –
 Nr. 200158

Biomasse

Praxiserhebung über Stickoxid- und Partikelemissionen automatischer Holzfeuerungen:

Erhebung und Auswertung von Emissionsdaten:
 Schlussbericht; Hasler, Ph., Nussbaumer, Th.; Jenni, A.; BFE; 12.2000;
 81 S., SFr. 40.00
 Nr. 200139

Neues Prüfverfahren für Stückholz-Speicheröfen:

Grundlagen für eine Prüfnorm zur Bestimmung von Wärmeleistung, Wirkungsgrad und Emissionen:
 Schlussbericht; Macquat, Y.; Gaegauf, Chr.; BFE; 09.2000; 32 S., SFr. 20.00
 Nr. 200153

Sampling and analysis of particles and tars from biomass gasifiers:

Pergamon, Biomass and Bioenergy 18 (2000) 61–66; Hasler, Ph.; Nussbaumer, Th.; 07.2000; 6 p., SFr. –
 Nr. 200181

A new method for an economic assessment of heat and power plants using dimensionless numbers:

Pergamon, Biomass and Bioenergy 18 (2000) 181–188; Nussbaumer, Th.; Neuenschwander, P.; 01.2000; 8 S., SFr. –
 Nr. 200182

Deposit formation on a single cylinder during combustion of herbaceous biomass:

Elsevier, Fuel 79 (2000) 141–151; Kaufmann, H.; Nussbaumer, Th.; Baxter, L.; Yang, N.; 11.2000; 11 S., SFr. 15.00
 Nr. 200183

Elektrizitätsnutzung und -verteilung

Vernetzung im Haushalt, Auswirkungen auf den Stromverbrauch:

Schlussbericht; Aebischer, B.; Huser, A.; BFE; 11.2000; 58 S., SFr. –
 Nr. 200137

Vernetzung im Haushalt, Auswirkungen auf den Stromverbrauch:

Zusammenfassung Schlussbericht 200137; Aebischer, B.; Huser, A.; BFE; 11.2000; 5 S., SFr. –
 Nr. 200138

Transformateur supraconducteur à haute température 10 MVA:

Schlussbericht; Zueger, H.; BFE; 09.2000; 20 S., SFr. 15.00
 Nr. 200173

Vernetzung im Haushalt: Auswirkungen auf den Stromverbrauch:

Schlussbericht; Aebischer, B.; Huser, A.; BFE; 11.2000; 60 S., SFr. 30.00
 Nr. 200174

Networking in private households: Impacts on electricity consumption:

Final report; Aebischer, B.; Huser, A.; BFE; 11.2000; 59 S., SFr. 30.00
 Nr. 200175

Flywheel energy storage for wind power generation FlyWiP

Jahresbericht 2000; Von Burg, P.; BFE; 01.2001; 4 S., SFr. –
 Nr. 210003

Study on methodologies for establishing a system for cross-border tarification in the internal electricity market:

Jahresbericht 2000; Glavitsch, H.; BFE; 01.2001; 14 S., SFr. –
 Nr. 210004

Assessing the Impact on High Temperature Superconductors:

Jahresbericht 2000; Vécsey, G.; BFE; 01.2001; 3 S., SFr. –
 Nr. 210005

Betreuung des Kompetenzzentrums Energie und Informationstechnik:

Jahres-/Schlussbericht 2000; Aebischer, B.; BFE; 01.2001; 4 S., SFr. –
 Nr. 210006

Vernetzung im Haushalt:

Jahresbericht 2000; Aebischer, B.; BFE; 01.2001; 4 S., SFr. –
 Nr. 210007

Feuerung/Verbrennung

Ermittlung des geometrischen Aufbaus von Russ-Primärpartikeln und Validierung der Simulation des Russbildungs-Mechanismus:

Schlussbericht; Ineichen, B.; BFE; 12.2000; 63 S., SFr. 30.00
 Nr. 200176

Erarbeitung eines thermodynamisch basierten Modellierungsverfahrens für den Otto-DI Verbrennungsprozess:

Jahresbericht 2000; Boulouchos, K.; Schänzlin, K.; Koch, Th.; BFE; 01.2001; 39 S., SFr. 20.00
 Nr. 210023

Turbulente, chemisch reaktive Strömung in Motorbrennräumen:
Jahresbericht 2000; Boulouchos, K.; Frouzakis, C.; Lee, J.; BFE; 01.2001; 7 S., SFr. –
Nr. 210024

Flammstruktur und NOx-Bildung in turbulenten Vormischflammen:
Jahresbericht 2000; Herrmann, K.; Boulouchos, K.; BFE; 01.2001; 7 S., SFr. –
Nr. 210025

Modellierung und Validierung von reaktiven, instationären 2-Phasenströmungen:
Jahresbericht 2000; Schneider, B.; Kunte, S.; Ineichen, B.; Boulouchos, K.; BFE; 01.2001; 8 S., SFr. –
Nr. 210026

Common-Rail Brennverfahren für EURO-III und EURO-IV taugliche Nutzfahrzeugdieselmotoren:
Jahresbericht 2000; Bertola, A.; Boulouchos, K.; BFE; 01.2001; 6 S., SFr. –
Nr. 210027

Demonstration eines optischen Sensors zur Unterstützung der Entwicklung von schadstoffarmen motorischen Verbrennungssystemen:
Jahresbericht 2000; Schubiger, R.; Boulouchos, K.; Ineichen, B.; BFE; 01.2001; 6 S., SFr. –
Nr. 210028

Erarbeitung von Grundlagen für innovative Brennverfahren und motorische Arbeitsprozesse:
Jahresbericht 2000; Boulouchos, K.; BFE; 01.2001; 7 S., SFr. –
Nr. 210029

Gebäude

Thermoaktive Bauteilsysteme tabs:
Handbuch; Koschenz, M.; Lehmann, B.; BFE; 07.2000; 102 S., SFr. 60.00
Nr. 200172

Holz

Automatische Holzheizungen: Grundlagen und Technik:
Bericht; Nussbaumer, Th.; Good, J.; Jenni, A.; Bühler, R.; BFE; 01.2001; 110 S., SFr. 50.00
Nr. 200140

Automatische Holzheizungen: Planung und Ausführung:
Bericht; Nussbaumer, Th.; Good, J.; Jenni, A.; Bühler, R.; Gabathuler, H.-R.; BFE; 01.2001; 175 S., SFr. 50.00
Nr. 200141

Machbarkeitsstudie mit Wirtschaftlichkeitsberechnung: Wärme-kraftkopplung mit Holz:
Schlussbericht; Abbühl, H.P.; Reinhardt Holz AG; BFE; 12.2000; 58 S., SFr. 30.00
Nr. 200159

Auslegungsgrundlagen für Holzfeuerung:
Jahresbericht 2000; Nussbaumer, Th.; Bruch, Chr.; BFE; 12.2000; 4 S., SFr. –
Nr. 200164

Kontinuierliche Teermessung mittels FID bei Holzvergaser:
Jahresbericht 2000; Hasler, Ph.; Nussbaumer, Th.; BFE; 12.2000; 1 S., SFr. –
Nr. 200165

Grundlagen zur Teerbildung bei der Holzvergasung:
Jahresbericht 2000; Nussbaumer, Th.; Morf, Ph.; BFE; 12.2000; 8 S., SFr. –
Nr. 200166

International Energy Agency Bioenergy Agreement, Task 19 Biomass Combustion:
Jahresbericht 2000; Nussbaumer, Th.; BFE; 12.2000; 5 S., SFr. –
Nr. 200167

Grundlagen der Aerosolbildung bei Holzfeuerung:
Jahresbericht 2000; Oser, M.; Nussbaumer, Th.; BFE; 12.2000; 8 S., SFr. –
Nr. 200168

Praxiserhebung über Partikel- und Stickoxidemissionen automatischer Holzfeuerungen:
Jahresbericht 2000; Hasler, Ph.; Nussbaumer, Th.; BFE; 12.2000; 7 S., SFr. –
Nr. 200169

Kernenergie: Regulatorische Sicherheitsforschung

Stress corrosion crating of reactor pressure vessel steels under boiling water reactor conditions:
Eurocorr 2000, 10.–14. September, 2000; Heldt, J.; Seifert, H.P.; PSI; 12.2000; 10 S., SFr. 15.00
Nr. 200177

Strain-induced Corrosion Cracking of Low Alloy Reactor Pressure Vessel Steels in Oxygenated High Temperature Water:
ICG-EAG 2000; Heldt, J.; Seifert, H.P.; PSI; 12.2000; 26 S., SFr. 15.00
Nr. 200178

Spannungsrissskorrosion von Stählen für Reaktorkomponenten in Heisswasser:
Schlussbericht; Seifert, H.P.; Heldt, H.; Ineichen, U.; Tirbonod, B.; Tschanz, U.; BFE; 02.2000; 43 S., SFr. 20.00
Nr. 200179

Modelling of the Stress Corrosion Cracking Behaviour for Low Alloy Steels in High Temperature Water:
PSI-Bericht Nr. 00–08, ISSN 1019–0643; Tirbonod, B.; PSI; 11.2000; 114 S., SFr. 50.00
Nr. 200180

Transfert du radiocobalt rejeté par la centrale de Mühleberg dans les systèmes aquatiques de l'Aar et du lac de Biene (Suisse):
Hydroécol. Appl. (1999) Tome 1/2 Vo. 11, pp. 1–28; Albrecht, A.; 11.2000; 28 S., SFr. 15.00
Nr. 200184

Impact of Preferential Flow on Radionuclide Distribution in Soil:
Environmental Science & Echnology, Vol. 34, No. 18, 2000; Bundt, M.; Albrecht, A.; Froidevaux, P.; Blaser, P.; Flühler, H.; 11.2000; 5 S., SFr. –
Nr. 200185

Photovoltaik

A sunny outlook for solar power: Can new dye-sensitised ceramics outperform silicon cells?:

Artikel; Hodgson, S.; Wilkie, J.; Material World; 08.2000; 4 S., SFr. – Nr. 200136

New generation of Hybrid Solar PV/T collectors:

Final Report DIS 56360/16868; LESO-PB EPFL; Enecolo AG; Ernst Schweizer AG; BFE; 06.2000; 55 S., SFr. 30.00 Nr. 200148

Increasing the Deposition Rate of Microcrystalline and Amorphous Silicon Thin Films for Photovoltaic Applications – Phase IV: 1997 – 1999:

Final Report DIS 2755/63180; CRPP EPFL; BFE; 06.2000; 17 S., SFr. 15.00 Nr. 200149

Mikromorphe Solarzellen, basierend auf amorphem und mikrokristallinem Silizium:

Schlussbericht DIS 19431/59014; Shah, A.; BFE; 08.2000; 49 S., SFr. 20.00 Nr. 200150

Qualitätssicherung von Photovoltaikanlagen:

Schlussbericht DIS 2744/61703; Graf, J.-D.; Häberlin, H.; BFE; 07.2000; 88 S., SFr. 40.00 Nr. 200151

Centrale di prova per componenti e sistemi per progetti nel campo della tecnica fotovoltaica: TISO – periodo V: 1997 – 1999:

Rapporto finale DIS 2183/60154; Camani, M.; Travaglini, G.; Cereghetti, N.; Chianese, D.; Rezzonico, S.; BFE; 02.2000; 108 S., SFr. 40.00 Nr. 200152

Umgebungswärme/Wärme-Kraft-Kopplung

Kostengünstige Niedrigtemperaturheizung mit Wärmepumpe:

Phase 3: Messungen an drei Funktionsmustern, Benutzereinfluss, Vergleich verschiedener Heiz- und Regelkonzepte: Schlussbericht; Afjei, Th.; Betschart, W.; Bonvin, M.; Geering, H.P.; Ginsburg, S.; Keller, P.; Shafai, E.; Wittwer, E.; Zweifel, G.; BFE; 12.2000; 118 S., SFr. 50.00 Nr. 200142

Internationale Zusammenarbeit in Normengremien im Jahr 2000:

Schlussbericht; Afjei, Th.; Montani, A.; Eggenschwiler, K.; BFE; 12.2000; 39 S., SFr. 30.00 Nr. 200143

Oil migration on single and two stage heat pump systems:

Calibration tests and process design Phase 1: Intermediate Report; Zehnder, M.; Favrat, D.; BFE; 12.2000; 34 p., SFr. 20.00 Nr. 200144

Dynamischer Wärmepumpentest: Phase 1, Etappe 3; Modellansatz für die prüftechnische Charakterisierung der Minderwärmeproduktion:

Schlussbericht; Shafai, E.; Zogg, D.; Ehrbar, M.; Wirth, L.; BFE; 11.2000; 35 S., SFr. 20.00 Nr. 200145

Regelung des Swiss Motors für den Einsatz in der Praxis – Teilprojekt des Projektes Swiss Motor:

Schlussbericht; Nellen, Ch.; Boulouchos, K.; Schaer, Ch.; Onder, Ch.; BFE; 11.2000; 14 S., SFr. 15.00 Nr. 200146

Gekoppelte Kälte- und Wärmeerzeugung mit Erdwärmesonden: Handbuch zur Systemauslegung:

Schlussbericht; Good, J.; Huber, A.; Widmer, P.; Nussbaumer, Th.; et al.; BFE; 02.2001; 50 S., SFr. 20.00 Nr. 210001

Ölfreier CO₂-Kleinkompressor:

Jahresbericht 2000; Baumann, H.; BFE; 01.2001; 2 S., SFr. – Nr. 210008

Chauffage et climatisation à l'aide de l'air de l'alluvion ancienne dénoyée:

Rapport annuel 2000; Dériaz, Chr.; OFEN; 01.2001; 4 S., SFr. – Nr. 210009

Standardschaltungen für Kleinwärmepumpenanlagen:

Jahresbericht 2000; Afjei, Th.; BFE; 01.2001; 4 S., SFr. – Nr. 210010

Charakteristiken von Vielzellen- und Scrollkompressoren:

Jahresbericht 2000; Zingerli, A.; Ehrbar, M.; BFE; 01.2001; 6 S., SFr. – Nr. 210011

Kleinwärmepumpe mit Ammoniak, Phase 2:

Jahresbericht 2000; Kopp, Th.; BFE; 01.2001; 4 S., SFr. – Nr. 210012

Ausbau der Cal-Programme Phase 1: Konzept und Gebäude:

Jahresbericht 2000; Zweifel, G.; Stalder, M.; BFE; 01.2001; 4 S., SFr. – Nr. 210013

Pulsbreitenmodulation für Kleinwärmepumpen – Phase 2:

Jahresbericht 2000; Gabathuler, H.R.; BFE; 01.2001; 4 S., SFr. – Nr. 210014

Systemauslegung für Gewerbekälteanlagen mit Erdwärmennutzung

Jahresbericht 2000; Widmer, P.; BFE; 01.2001; 4 S., SFr. – Nr. 210015

Kurztestmethode für Wärmepumpenanlagen, Phase 5:

Jahresbericht 2000; Zogg, D.; Shafai, E.; BFE; 01.2001; 7 S., SFr. – Nr. 210016

Intégration énergétique de procédés discontinus à l'aide d'algorithmes génétiques (GABSQBHIN):

Rapport annuel 2000; Krummenacher, P.; BFE/OFEN; 01.2001; 4 S., SFr. – Nr. 210017

Pompe à chaleur air-eau à haute température (Phase 2):

Rapport annuel 2000; Zehnder, M.; OFEN; 01.2001; 3 p., SFr. – Nr. 210018

Abfalllösungsmittelbewirtschaftung in der chemischen Industrie:

Jahresbericht 2000; Jahn, Chr.; Hofstetter, Th.; BFE; 01.2001; 8 S., SFr. – Nr. 210019

Analyse und Modellierung des Energiebedarfs in Batch-Prozessen:

Jahresbericht 2000; Bieler, P.S.; BFE; 01.2001; 8 S., SFr. – Nr. 210020

Erweiterung des Programms WPCalc mit dem Erdsondenmodul EWS:

Jahresbericht 2000; Stalder, M.; BFE; 01.2001; 4 S., SFr. – Nr. 210021

Feldmessung einer Retrofit Wärmepumpe:

Jahresbericht 2000; Trüssel, D.; BFE; 01.2001; 2 S., SFr. – Nr. 210022

Gebäude

Verwaltungsgebäude Buchenhof Aarau, Messkampagne des saisonalen Erdspeichers:

Schlussbericht 57908/17549; Widerkehr, S.; BFE; 12.2000; 25 S., SFr. 15.00
Nr. 200170

Optimisation d'un stockage de chaleur en dalle active dans un immeuble d'habitation:

Rapport final DIS 29789/69652; Fromentin, A.; Pahud, D.; Travaglini, G.; BFE; 11.2000; 58 S., SFr. 30.00
Nr. 200171

Photovoltaik

PV-Dachintegration von Solarmodulen mit integriertem Inverter und Hybridnutzung am Schindeldach des Bauernhauses „Zaugg“, Band 1 (Bericht):

Schlussbericht DIS 20735/60338; Eckmanns, A.; Stucki, B.; BFE; 12.2000; 16 S., SFr. 15.00
Nr. 200154

PV-Dachintegration von Solarmodulen mit integriertem Inverter und Hybridnutzung am Schindeldach des Bauernhauses „Zaugg“, Band 2 (Anhang):

Schlussbericht DIS 20735/60338; Eckmanns, A.; Stucki, B.; BFE; 12.2000; 77 S., SFr. 30.00
Nr. 200155

SOLRIF (Solar Roof Integration Frame):

Schlussbericht DIS 29909/69804; Ruoss, D.; BFE; 12.2000; 68 S., SFr. 30.00
Nr. 200160

PVSYST. 3.0: Ergonomie et fonctionnalité:

Rapport final DIS 21280/65847; Roecker, Chr.; Bonvin, J.; Mermoud, A.; BFE; 10.2000; 28 S., SFr. 15.00
Nr. 200161

Pilotanlage 2 kWp für modulintegrierte Wechselrichter:

Schlussbericht DIS 17222/56790; Crastan, V.; Haldi, R.; BFE; 11.2000; 30 S., SFr. 15.00
Nr. 200162

Kälte- und Wärme-Erzeugung mit Wärmepumpen und Erdwärmesonden im Restaurant Grauholz:

Schlussbericht Projekt-Nr. 31544; Huber, R.; BFE; 11.2000; 10 S., SFr. 15.00
Nr. 200163

Bestellformular für ENET Publikationen/Dienstleistungen

Publikationsnummer	Titel	Anzahl

ENET bietet spezielle Dienstleistungen für Unternehmen

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

Firma: _____

Name: _____ Vorname: _____

Adresse: _____

PLZ: _____ Ort: _____

Telefon: _____ Fax: _____

email: _____

Bezug von Publikationen mit:

- Bestellformular (für FAX)

oder

- ENET im Internet – www.energieforschung.ch