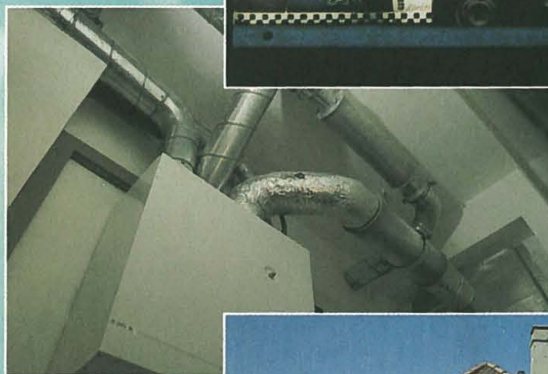
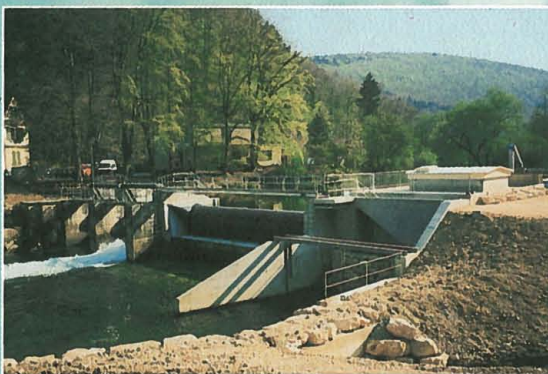
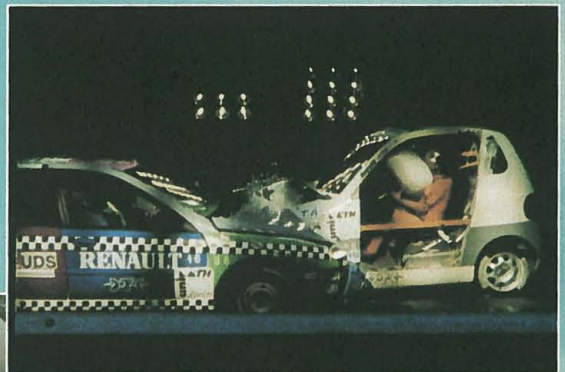




Bundesamt für Energie
Office fédéral de l'énergie
Ufficio federale dell'energia
Uffizi federal d'energia

Bereichs- programme

Energietechnik



Januar 1998

	Seite
Vorwort	
Energietechnik – ein Schlüssel zum nachhaltigen Energieeinsatz	1
Übersicht	
Die Bereiche der Abteilung Energietechnik	2–3
Die Bereiche in Einzeldarstellungen	
Gebäudesysteme und -hülle	4–7
Haustechnik HLK	4–7
Solararchitektur und Tageslichtnutzung....	4–7
Warmwasser.....	4–7
Elektrizität	8–9
Aus- und Weiterbildung.....	10–11
Umgebungswärme, Wärmekraftkopplung	12–13
Aktive Solarenergienutzung	14–15
Holz.....	16–17
Biomasse	18–19
Übrige Erneuerbare Energien	20–21
Abwärme	22–23
Chemische und fossile Energieträger, Energiespeicherung	24–25
Kernenergie (Kernspaltung und Kernfusion)	26–27
Akkumulatoren, Brennstoffzellen.....	28–29
Verkehr.....	30–31
Adressen und ergänzende Informationen.....	32

Impressum

Herausgeber: Bundesamt für Energie, 3003 Bern
 Text: Othmar Humm, Oerlikon Journalisten AG, 8050 Zürich
 Fotos: Nick Brändli, Zürich; Archiv Oerlikon Journalisten AG
 Seitenherstellung: Ackermanndruck, 3097 Bern-Liebefeld
 Bezug: EDMZ, 3000 Bern, Fax 031 992 00 23
 Bestellnummer: 805.829d
 (französischsprachige Fassung: 805.829f)

Energietechnik – ein Schlüssel zum nachhaltigen Energieeinsatz

Vorwort

Die Bedeutung der Energietechnik als Instrument einer fortschrittlichen Energiepolitik kann in einer liberalen und marktwirtschaftlich orientierten Gesellschaft nicht hoch genug eingeschätzt werden. Denn Eingriffe in die weitgehend akzeptierten Mechanismen des Markts – beispielsweise durch Verbote oder Subventionen – sind meist mit Nachteilen verbunden. Als marktkonform erweisen sich dagegen technische Innovationen; sie sind unverzichtbarer Teil der Wirkungskette zwischen energiepolitischen Zielen einerseits und deren Umsetzung andererseits. Neue Energietechniken und ihre sozioökonomischen Auswirkungen ermöglichen marktrelevante Änderungen, ohne grössere Restriktionen in Kauf nehmen zu müssen.

Die schweizerische Energiepolitik strebt eine ausreichende, breitgefächerte und sichere, wirtschaftliche und umweltverträgliche Energieversorgung an. Durch rationelle Energieanwendung, durch verstärkte Nutzung von Abwärme und erneuerbaren Energien lassen sich dazu erhebliche Beiträge leisten.

Die Abteilung Energietechnik initiiert, fördert und begleitet technische Innovationen, die ein grosses Anwendungspotential erwarten lassen, von der Idee bis zur Marktreife. *Forschung, Pilot- und Demonstrationsanlagen* (P+D) sowie *Markteinführung und Marktsicherung* heissen die drei Phasen, die eine technische Neuerung in der Regel durchläuft, wobei sich diese Phasen naturgemäss sowohl inhaltlich als auch zeitlich überlappen können. Aus der Forschung stammen die Grundlagen einer Veränderung, die in einer P+D-Anlage praxisnah erprobt wird. Geeignete Rahmenbedingungen sollen schliesslich die Marktdurchdringung sicherstellen. Einbezug externer Kosten, innovative Finanzierungsmodelle und angepasste Steuergesetze sind drei Stichworte dazu. Aus der Vielfalt von Massnahmen seien vier besonders wichtige herausgehoben:

Aus- und Weiterbildung will die Fachkompetenz von Planern, ausführenden Fachleuten, Betreibern und Bauherrschaften fördern. Die wichtigen Akteure sollen ihre Möglichkeiten kennen und anwenden.

Freiwillige Vereinbarungen über energierelevante Zielwerte von Geräten, Verfahren, Systemen und Materialien sowie **freiwillige Aktionen** zur rationellen Energienutzung und zum vermehrten Einsatz erneuerbarer Energien.

Vorschriften, falls Preissignale nicht die nötige Wirkung zeigen (für wichtige energiepolitische Anliegen).

Subventionen als Startimpuls zur Stimulierung wirtschaftlicher Aktivitäten (nur in Ausnahmefällen und nur empfänger- und technologieorientiert).

16 Bereiche umfasst die Abteilung *Energietechnik* (AET); sie decken das gesamte Spektrum der Energiekonversion ab. Konventionelle und neue Technologien werden von AET ebenso betreut wie Optionen auf bislang wenig bekannte Verfahren. Die «Technische Abteilung» des Bundesamts für Energie arbeitet für eine verbesserte Energietechnik als einen Schlüssel zu einem nachhaltigen, das heisst sicheren und umweltverträglichen Energieeinsatz. AET arbeitet eng mit den übrigen BFE-Abteilungen und den Ressorts des Aktionsprogramms Energie 2000 zusammen.

Jürg Gfeller

Vizedirektor
Leiter der Abteilung Energietechnik
Bundesamt für Energie

Die vorliegende Broschüre erklärt die wichtigsten Bereichsaktivitäten der Abteilung Energietechnik (AET) des Bundesamts für Energie (BFE) und soll Kontakte zu den Bereichsleitern erleichtern.

Die Bereiche der Abteilung Energietechnik

Abteilung Energietechnik

Jürg Gfeller

Sektion Rationelle Energienutzung

Dr. Peter Burkhardt, 031 322 56 37

Hauptbereich Gebäude Gebäudesysteme und -hülle

Hans-Peter Nützi, 031 322 56 49
Seiten 4 bis 7

Haustechnik HLK

Martin Stettler, 031 322 55 53
Seiten 4 bis 7

Solararchitektur und Tageslichtnutzung

Walo Luginbühl, 031 322 56 41
Seiten 4 bis 7

Warmwasser

Thomas Lang, 031 322 53 24
Seiten 4 bis 7

Elektrizität

Dr. Rolf Schmitz, 031 322 54 61
Seiten 8 und 9

Aus- und Weiterbildung

Daniel Brunner, 031 322 56 13
Seiten 10 und 11

Sektion Erneuerbare Energien

Hans-Ulrich Schärer, 031 322 56

Umgebungswärme, Wärme kraftkopplung

Fabrice Rognon, 031 322 47 56
Seiten 12 und 13

Aktive Solarenergienutzung

Urs Wolfer, 031 322 56 39
Seiten 14 und 15

Holz

Daniel Binggeli, 031 322 68 23
Seiten 16 und 17

Biomasse

Martin Hinderling, 031 322 56 42
Seiten 18 und 19

Übrige Erneuerbare Energien

Martin Brunner, 031 322 56 10
Seiten 20 und 21

Abwärme

Martin Brunner, 031 322 56 10
Seiten 22 und 23

Die 16 Bereiche der Abteilung Energietechnik sind den drei Sektionen Rationelle Energienutzung, Erneuerbare Energien, Forschungskoordination und Sonderbereiche zugeordnet. Die Abteilung Energietechnik ist Teil des Bundesamts für Energie.

Stab, Sekretariat

Karin Ibach, 031 324 96 82
Daniel Matthys, 031 322 53 21
Corinne Voirol, 031 322 56 60
Beatrix Widmer, 031 322 56 21

**Sektion Forschungs-
koordination und
Sonderbereiche**

Dr. Gerhard Schriber, 031 322 56 58

**Chemische und fossile Energieträger,
Energiespeicherung**

Dr. Alphons Hintermann, 031 322 56 54
Seiten 24 und 25

Kernenergie (Kernspaltung und Kernfusion)

Dr. Christophe de Reyff, 031 322 56 66
Seiten 26 und 27

Akkumulatoren, Brennstoffzellen

Dr. Léo Dubal, 031 322 56 44
Seiten 28 und 29

Verkehr

Martin Pulfer, 031 322 49 06
Seiten 30 und 31

Gebäude ökologisch und energetisch sanieren

Die 1,3 Mio. Gebäude in der Schweiz verbrauchen zur Beheizung jährlich 77 Mia. kWh fossile Energien, davon entfallen drei Viertel auf die über eine Million Wohnbauten. Der Gebäudebestand schafft einen nach wie vor steigenden Erneuerungsbedarf, der ein Energiesparpotential von 30 % bis 50 % für energetisch und ökologisch orientierte Instandsetzungen beinhaltet. Geringer ist das Potential bei Neubauten zu werten, da einerseits kein grosser Zuwachs zu erwarten ist, andererseits bereits restriktive Anforderungen – kombiniert mit freiwilligen energiesparenden Standards – wirksam sind.

Energieverbrauch: 77 Mia. kWh fossile Energien wurden 1990 zur Beheizung der 1,3 Mio. Gebäude in der Schweiz aufgewendet. Drei Viertel dieser Heizenergie entfallen auf die rund 1,1 Mio. Wohnbauten; allein die 430 000 Mehrfamilienhäuser beanspruchen annähernd die Hälfte des Heizöl- und Erdgasverbrauchs für Raumwärme (Tabelle). Kleine und mittlere Wärmeerzeuger – mit Leistungen unter 350 kW – verbrauchen zwei Drittel der fossilen Heizenergie, das andere Drittel verbrennt in grossen Kesseln, die vorwiegend in Dienstleistungs-, Gewerbe- und Industriebetrieben installiert sind.

aufgrund ihrer grossen Zahl das zentrale Wirkungsfeld des Hauptbereichsprogramms *Gebäude*.

Die Wert- und Renditeerhaltung von Gebäuden und Anlagen bestimmt ihren Erneuerungsrythmus. Die Investitionen von werterhaltenden Massnahmen bilden eine Chance zur Realisierung von überdurchschnittlichen Lösungen – auch und vor allem bezüglich Ökologie und Energie. Dieses Postulat ist um so dringlicher, als künftig ein Grossteil der Bauinvestitionen in den Unterhalt und die Erneuerung fliesst.

Die Leitziele des Hauptbereichs Gebäude (Tabelle) basieren auf den Werten des Jahres 1990 und orientieren sich an den Vorgaben von Energie 2000. Dabei gilt die Zeitmarke 2000 für Aktivitäten der Markteinführung und der Marktsicherung, das Jahr 2010 für die Ziele in der Forschung. Technische Grundlagen und Hilfsmittel sowie Anreize zu ökologisch und energetisch orientierten Gebäudesanierungen sind die wesentlichen Instrumente zur Erreichung dieser Ziele.

Markteinführung und Marktsicherung

Das Schwergewicht liegt auf der verstärkten energetischen Orientierung bei der Werterhaltung bestehender Gebäude, unter Berücksichtigung von ökologischen Aspekten, der Nutzung regenerierbarer Energien – eingeschlossen von passiv genutzter Solarenergie – und von Tageslicht. Die Schwerpunkte im einzelnen:

- **Energieverordnungen:** verbesserter Vollzug auf allen Ebenen.
- **Musterverordnung**
- **Sanierung:** Festsetzung von Ratings und Standards für die ökologische und energetische Erneuerung von Bauten und Anlagen (vgl. das Beispiel «E2000 Öko-Bau» S.6).
- **Wärmeschutz und Haustechnik:** Promotion von guten Lösungen.
- **Kontrollierte Wohnungslüftung** mit Wärmerückgewinnung: verstärkte Anwendung in Ein- und Mehrfamilienhäusern.
- **Erneuerbare Energien, Solararchitektur und Tageslicht:** vermehrte Nutzung.
- **Betriebsoptimierung** haustechnischer Anlagen (vgl. das Beispiel «E2000 Betriebsoptimierung» S.7).
- **Benutzerverhalten** energetisch orientieren. Dabei besteht eine enge Zusammenarbeit mit den Ressorts Wohnbauten, Gewerbe, Dienstleistungen, Spitäler und Öffentliche Hand von Energie 2000.

Zielgruppen: Im Zentrum der Adressatenkreise steht der Investor – je nach Objekt handelt es sich dabei um Eigentümerschaften oder Verwaltungen – sowie dessen Beauftragte, Architekten und Fachingenieure. Auf der Nutzungsebene sind vor allem Betreiber, also Einfamilienhausbewohner und Hauswarte, angesprochen. Indirekt wirken auf die energetische Qualität einer Baute aber auch Gesetzgeber und Behörden, Banken und Hersteller von Materialien, Komponenten und Systemen ein.

Einsparpotentiale: Die Energiekennzahlen neuer Gebäude konnten in den letzten Jahren deutlich gesenkt werden. Der Trend wird anhalten: Für Wohnbauten des Jahres 2020 empfiehlt der SIA-Absenkepfad eine Halbierung der heutigen Werte, was zu Energiekennzahlen *Raumheizung* von rund 100 MJ/m² a führt. Ob eine weitere Verminderung des Energieverbrauchs auch einer gesamtheitlichen Betrachtungsweise standhält, ist künftig stärker zu thematisieren. Dies gilt insbesondere bezüglich der Umweltbelastung durch Erstellung, Betrieb, Wartung und Unterhalt, Instandsetzung sowie Abbruch eines Gebäudes. In bestehenden Bauten liegt das Einsparpotential zwischen 30 % und 50 %, da Massnahmen zur Verbrauchsreduktion naturgemäss beschränkt sind. Ähnlich hohe Einsparpotentiale – 30 % bis 50 % – weisen Dienstleistungsgebäude im Elektrizitätsverbrauch aus. Diese Potentiale liessen sich durch Verbesserung von Anlagen zur Lüftererneuerung, zur Kühlung und zur Beleuchtung ausschöpfen.

Nimmt der Gebäudebestand bis ins Jahr 2030 um die Hälfte zu, so steigt der Energieverbrauch für Raumwärme aufgrund dieser Neubauten lediglich um rund 20 %. Tatsächlich dürfte der Zuwachs an neuen Gebäuden geringer ausfallen, da eine Sättigung an Wohnraum und schwindende Baulandreserven, bei gleichzeitig schwacher Konjunktur und verhaltenem Bevölkerungswachstum, wirksam sind. Bestehende Bauten sind allein schon

Leitziele des Hauptbereichsprogramms Gebäude zur Absenkung des Energieverbrauches für die Jahre 2000 (Markteinführung und Marktsicherung) und 2010 (Forschung); Basis: Verbrauchswerte des Jahres 1990.

	Bestehende Bauten 2000		Neubauten	
	2000	2010	2000	2010
Heizung und Kühlung	15 %	30 %	25 %	40 %
Strom und Hilfsenergie	10 %	25 %	20 %	35 %
Strom zum Heizen	10 %	35 %	–	–
Warmwasser	10 %	35 %	10 %	25 %

Pilot- und Demonstrationsprogramm

- Energetisch und ökologisch optimierte Sanierungen (graue Energie und Rückbaupotential besonders berücksichtigen); umweltschonende Bautechniken.
- Sanierung von Lüftungstechnischen Anlagen, eingeschlossen Nachrüstung mit Wärmerückgewinnung.
- Erzeugung und Verteilung von Wärme kleiner Leistung und tiefer Systemtemperaturen; Felderprobung von kleinen Stromspar-Umwälzpumpen; Erprobung von einfachen selbstregulierenden Heizsystemen.
- Kostengünstige Lüftungssysteme für den Wohnungsbau.
- Transparente Wärmedämmung (TWD) bei Sanierungen, insbesondere von Mehrfamilienhäusern.
- Niedrigenergiehäuser in hochgedämmter Bauweise, mit Wärmerückgewinnung und hohem solarem Deckungsgrad am Restenergiebedarf (Direktgewinn, TWD, Luftkollektoren).
- Luftvorwärmung, insbesondere mittels Luftkol-

lektorfassaden, für Gebäude mit grossem Aus-senluftbedarf.

- Information und Dokumentation geeigneter Technologien, Systeme, Komponenten und Materialien.

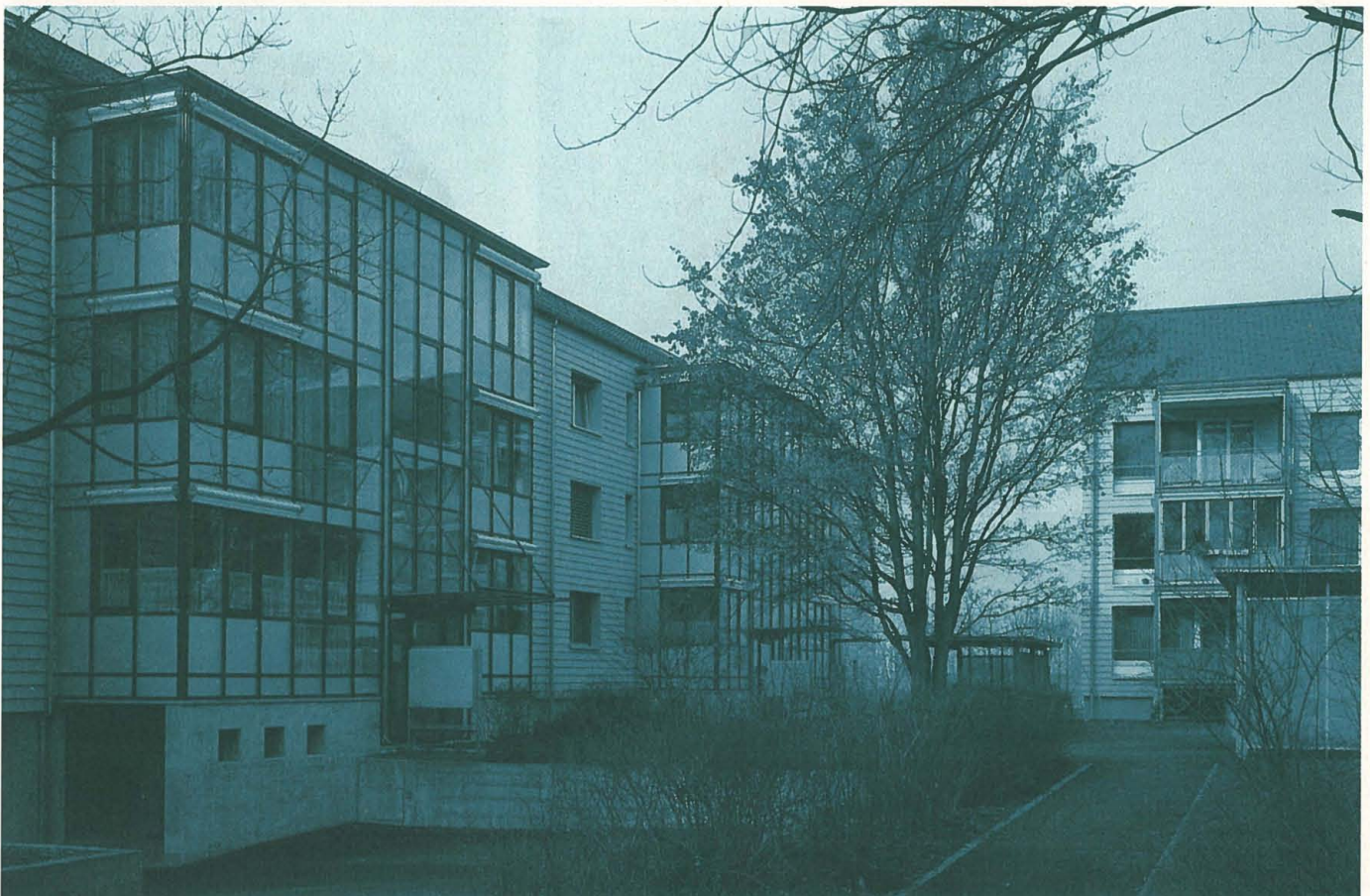
Forschung

- Grundlagen zur gesamtheitlichen Bewertung energetisch und ökologisch orientierter Bauweisen.
- Verbesserte Dämmmaterialien (mit 8 cm zu k-Werten um 0,2 W/m²K).
- Systeme zur Verbesserung bestehender Fenster.
- Einfache Diagnose- und Abnahmeinstrumente.
- Hybride Techniken zur Raumkühlung.
- Komponenten zur kontrollierten Wohnungslüftung, allenfalls kombiniert mit Fenstern; bedarfsabhängige Lüftungsstrategien, die sich an Luftqualitätsmerkmalen orientieren (CO₂, Feuchte).
- Verbesserung von rechnergestützten Planungsinstrumenten (Gebäudesimulationsprogramme).
- Solare Luftsysteme.
- Transparente Wärmedämmung.

Gebäudegruppe	Energieverbrauch	Anzahl Gebäude	Beheiztes Volumen
Einfamilienhäuser	19 Mia. kWh 25 %	660000	378 Mio. m ³
Mehrfamilienhäuser	37 Mia. kWh 48 %	427500	882 Mio. m ³
Dienstleistungsbauten	13 Mia. kWh 17 %	127500	540 Mio. m ³
Industriebauten	8 Mia. kWh 10 %	107000	420 Mio. m ³
Summe	77 Mia. kWh 100 %	1322000	2220 Mio. m ³

Der Energieverbrauch für Raumwärme in der Schweiz, nach Gebäudekategorien, ohne Landwirtschaftsbauten, 1990.

Wohnwertsteigerung mit effizientem Energieeinsatz kombiniert: Die sanierte Siedlung Aarepark in Solothurn.



Warmwasser

Auf 20 % wird das Sparpotential bei der Wassererwärmung veranschlagt. Zudem steigt der Stellenwert dieser Energiedienstleistung, insbesondere im Vergleich zur Heizung. Mit dem Bereich *Warmwasser* soll dieses Potential in den nächsten Jahren ausgeschöpft werden. Das Schwergewicht liegt bei der Vermittlung bereits verfügbaren Wissens mit dem Ziel, das Verhalten aller Beteiligten zu ändern. Dort, wo Wissenslücken bestehen, sollen diese durch gezielte Forschungsprojekte geschlossen werden.

E2000 Öko-Bau

Energiegerechte und ökologische Bau- und Betriebsweisen von Gebäuden kombiniert mit einem hohen Wohn- und Arbeitskomfort sind das Ziel von E2000 Öko-Bau. Der gleichnamige Baustandard legt zu den Kriterien *Energie, Ökologie und Ökonomie* folgende Richtlinien fest:

- Verbesserte Wärmedämmung und luftdichte Gebäudehülle
- Einfache Haustechnik mit einer effizienten Lüftungsweise, möglichst mit mechanischer Lüftererneuerung
- Nutzung erneuerbarer Energien
- Energieverbrauch für Heizung und Wassererwärmung von höchstens 220 MJ pro m² (Neubauten) und von 400 MJ pro m² (Umbauten und Sanierungen)
- Haushaltgeräte, die die BFE-Zielwerte erfüllen
- Vermeidung von gesundheits- und umweltschädigenden Materialien
- Reparier- und rückbaubare Konstruktionen
- Sorgfältiger Umgang mit Wasser: Verbrauch kleiner als 120 l pro Person und Tag
- Durch öffentlichen Verkehr erschlossen
- Keine Mehrkosten im Vergleich zu konventionellen Bauten

Der Standard E2000 Öko-Bau wird durch gezielte Information von Bauherrschaften, Architekten und Haustechnikplanern verbreitet, unter anderem durch 56 Musterobjekte in der ganzen Schweiz, durch Tagungen und Erfa-Gruppen, Checklisten für energiegerechte und ökologische Planung sowie durch den Dokumentationsdienst, beispielsweise mit der Broschüre «Niedrigenergiehäuser: komfortabel, kostengünstig und umweltschonend». Verschiedene Banken bieten zudem Kredite für Bauten nach dem Standard E2000 Öko-Bau an.

Infos: Basler & Hofmann, Walter Moser, Forchstrasse 395, 8029 Zürich, Tel. 01 387 11 22, Fax 01 387 11 00.

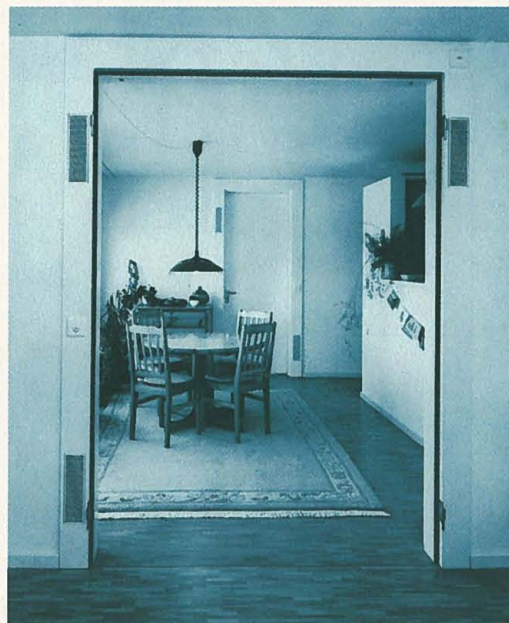
Mechanische Wohnungslüftung mit Wärmerückgewinnung als Sanierungsmassnahme: Lüftungsgerät in einem bald 100jährigen Mehrfamilienhaus.



Intelligente Türzarge mit Zuluftöffnungen zur mechanischen Belüftung in einer 4-Zimmer-Wohnung (Winterthur) (rechts).



Betriebsoptimierung und Unterhalt in Lüftungsanlagen – in mehrfacher Hinsicht ein lohnendes Unterfangen (links).



E2000 Betriebsoptimierung

Lüftungs- und Heizungsanlagen, sofern sie richtig eingestellt und betrieben werden, tragen viel zur rationellen Energieverwendung bei. Durch Motivation und Unterstützung der Beteiligten lässt sich dieses Potential ausschöpfen – bei gleichem oder sogar höherem Komfort. Beteiligt sind Hersteller, Installateure, Serviceleute, Hauswarte, Kaminfeger, Feuerungskontrolleure usw. E2000 Betriebsoptimierung bietet eine ganze Palette von Info- und Beratungsmitteln an:

- Kurse für Hauswarte
- Broschüre zur Optimierung der Heizung
- Check-up für Heizungen
- Leistungsgarantie von Öl- und Gasheizungen für Bauherren und Installateure
- Seminar «Betriebsoptimierung von Haustechnik-Anlagen» für technische Leiter komplexer Anlagen
- Training für potentielle Anbieter: «Betriebsoptimierung als Dienstleistung mit Erfolg verkaufen»

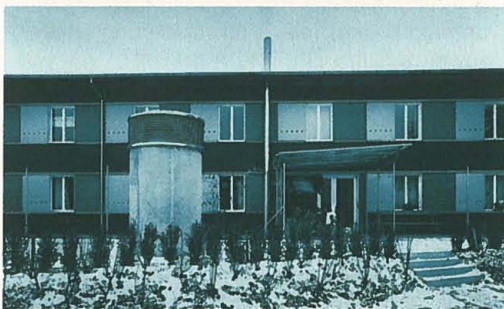
Infos: K.M. Kommunikation und Marketing,
Ruedi Messmer, Stadthausstrasse 41, Postfach,
8402 Winterthur, Tel. 052 213 10 35,
Fax 052 212 69 59.



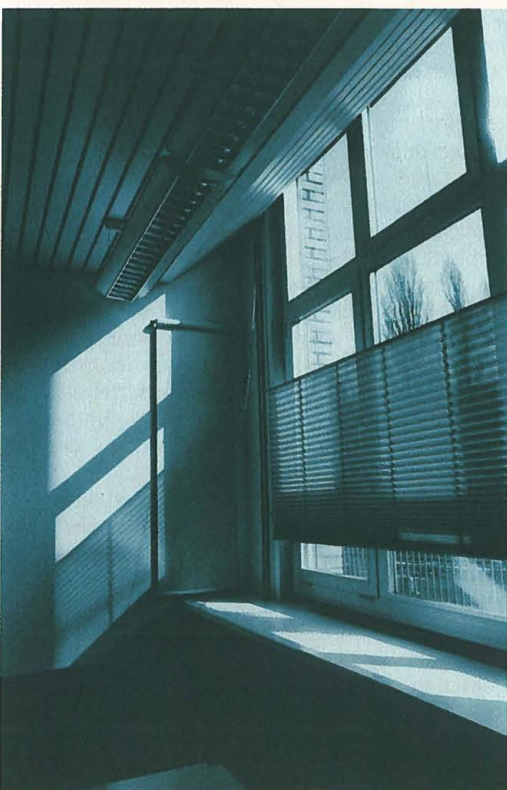
Tageslichtnutzung und Vorwärmung der Zuluft über grosse Atrien im Bürohaus Grafenau in Zug.



Sonnenschutz mit Brisesoleils, stundenplangesteuerte Ersatzluftanlage, Einzelraumregelung der Heizung und bedarfsabhängige Beleuchtungssteuerung – vier vorbildliche Massnahmen im Oberstufenschulhaus Sirnach.



In der Siedlung Niederholzboden (Riehen) sind energiesparende und ökologische Bauweisen miteinander verbunden.



Einfamilienhaus neu verpackt: Transparente Wärmedämmung in Ormalingen.

Hochgezogene Decke, partieller Sonnenstoren und helle Fensterbank: drei wichtige Massnahmen zur verbesserten Tageslichtnutzung in einem Demonstrationsraum in Zürich (links).

Organisatorisches: Ziele und Schwerpunkte der Bereiche *Gebäudesysteme und -hülle, Haustechnik HLK, Solararchitektur und Tageslichtnutzung* sowie *Warmwasser* sind im gemeinsamen Hauptbereichsprogramm *Gebäude* festgelegt. Diese programmatische Verbindung trägt der starken Verflechtung der Bau- und Haustechnik von Gebäuden Rechnung – das Gebäude als Gesamtsystem. Die Bereiche sind der Sektion *Rationelle Energienutzung* zugeordnet. Bereichsleiter sind:
Hans-Peter Nützi, Gebäudesysteme und -hülle, Tel. 031 322 56 49,
Fax 031 323 25 00, E-mail hanspeter.nuetzi@bfe.admin.ch
Martin Stettler, Haustechnik (Heizung, Lüftung, Klimatechnik),
Tel. 031 322 55 53, Fax 031 323 25 00, E-mail martin.stettler@bfe.admin.ch
Walo Luginbühl, Solararchitektur und Tageslichtnutzung, Tel. 031 322 56 41,
Fax 031 323 25 00, E-mail walo.luginbuehl@bfe.admin.ch
Thomas Lang, Warmwasser, Tel. 031 322 53 24, Fax 031 323 25 00,
E-mail thomas.lang@bfe.admin.ch

Komponenten verbessern und intelligent steuern



Faktor 4 in der Beleuchtung:
Längere Lebensdauer und geringerer
Stromverbrauch mit Energiespar-
lampen.

53 Mrd. kWh Elektrizität fließen in der Schweiz jährlich durch Motoren und Lampen, durch Wärmeerzeuger und elektronische Bauteile. Ein Viertel dieser Strommenge, mehr als 10 Mrd. kWh, könnte eingespart oder neuen Anwendungsfeldern zugeführt werden. Zahlreiche Ansätze und Massnahmen, eingebettet in die dreigliedrige Programmstruktur Forschung, Pilot- und Demonstrationsprojekte sowie Umsetzung, zielen auf eine rationellere Verwendung von Elektrizität. Koordiniert werden diese vielfältigen Aktivitäten durch den Bereich *Elektrizität*.

Einsparpotentiale sind bei allen Anwendungen festzustellen, die allerdings hinsichtlich Grösse, Wirtschaftlichkeit und technischer Machbarkeit stark differieren. Bessere Komponenten und Systeme, die bedarfsgerecht dimensioniert und gesteuert werden – das spart Strom. Einige Beispiele von Einsparpotentialen:

- Wassererwärmer, Kühl- und Gefriergeräte: 20 % durch verbesserte Wärmedämmung.
- Kühl- und Klimaanlage: 30 % durch optimierte Konstruktion und Betriebsweisen.
- EDV-Anlagen: 30 % bis 50 % durch präzise Auslegung und angepassten Betrieb (beispielsweise unterbrechungsfreie Stromversorgungsanlagen) sowie gezieltes Ein- und Ausschalten von EDV-Teilsystemen.
- Pumpen und Ventilatoren: über 50 % durch den Einsatz neuer Technologien, durch präzise Dimensionierung und durch bedarfsgerechten Betrieb.
- Büro- und Unterhaltungsgeräte: 50 % durch den konsequenten Einsatz von Power-Management-Systemen und optimierten Betrieb.
- Licht: 70 % durch bessere Lampen und Leuchten und durch bedarfsabhängige Steuerungen, kombiniert mit energieorientierter Dimensionierung und Planung.

Elektrizitätsverbrauch: 53 Mrd. kWh Elektrizität werden jährlich in der Schweiz verbraucht; je ein Drittel entfällt auf die Industrie, auf die Haushalte und auf den Dienstleistungssektor. Trotz Rezession weisen alle Bereiche stattliche Verbrauchszunahmen auf, der Stromverbrauch der Haushalte nahm 1995 – innerhalb eines Jahres – sogar um 3,4 % zu. Die Schwerpunkte des Bereichs *Elektrizität* basieren auf der Matrix des Stromverbrauchs (Tabelle). Markteinführung und Marktsicherung: Der Bereich *Elektrizität* arbeitet mit 16 Schwerpunkten, wovon sieben auf die Markteinführung und Marktsicherung, drei auf das Pilot- und Demonstrationspro-

gramm und sechs auf das Forschungsprogramm entfallen. Die marktorientierten Schwerpunkte:

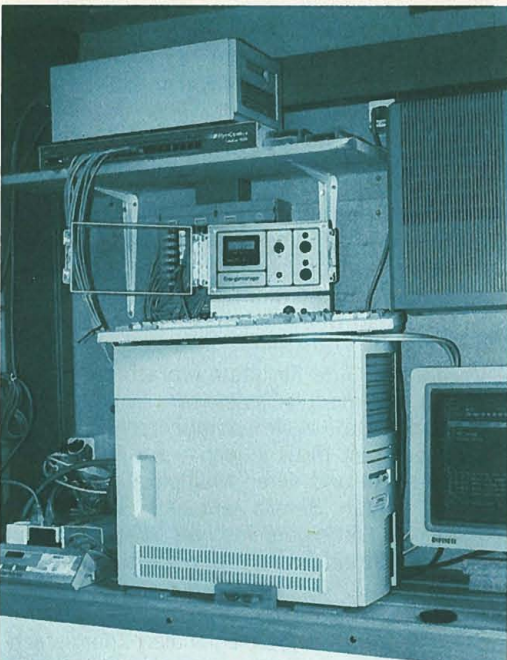
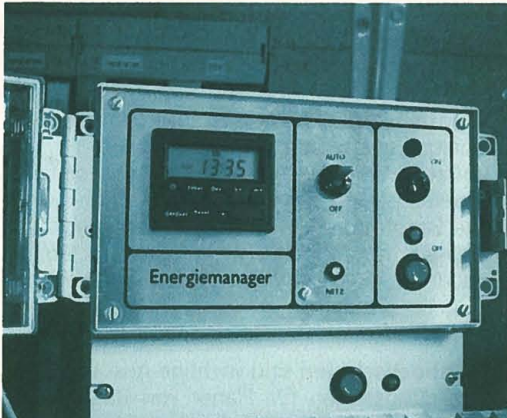
- Haushaltgeräte: Verkaufs- und Nutzungsstruktur schaffen besondere Verhältnisse. Mehr als die Hälfte der Grossgeräte gehen über den Küchenbauer (auch Möbelschreiner) weg, 30 % über den Fachhandel und 17 % über Grossverteiler. Die Mieter – 4,75 Mio. Personen – haben keinen Einfluss auf die Wahl grosser Geräte. Der Energieverbrauch ist indessen für viele Liegenschaftsverwaltungen (noch) kein Kaufkriterium.
- Bürogeräte: Der Energieverbrauch im Betrieb soll künftig stärker thematisiert werden – AUS-Stellung und Stand-by-Betrieb waren in den letzten Jahren prioritär. Die zunehmende Vernetzung von Bürogeräten bringt zudem neue Anwendungen (Internet, LAN, WAN).
- Unterhaltungselektronik: Der rasante Zuwachs an Satellitenempfängern lässt den Stromverbrauch steigen.
- Internationale Harmonisierung von Labels, Zielwerten, Messverfahren und Standards, insbesondere in Zusammenarbeit mit EU-Mitgliedstaaten.
- EDV-Netzwerke: Im Vordergrund steht das Netzwerkmanagement für Grossrechner, Server, Workstations und deren Peripherien.
- Automaten: Geld- und Billettautomaten stammen von einigen wenigen Herstellern, mit vergleichsweise geringen Stückzahlen; sie sind aber im Stand-by-Betrieb ein Verbrauchsfaktor.
- Planungshilfen: Die SIA-Empfehlung 380/4 «Elektrizität im Hochbau» setzt Standards für die Gebäudeausrüstung. Planungshilfen für die energieoptimale Auslegung von Antrieben – als Software-Tool – und von unterbrechungsfreien Stromversorgungsanlagen (USV) liegen vor. Weitere Planungshilfen sind geplant.

Einzelmassnahmen beeinflussen die meisten Anwendungsfelder kaum, da viele verbrauchsrelevante Faktoren mitspielen. Die eingesetzte Technologie, die Planung und Dimensionierung und schliesslich der Betrieb und der Unterhalt einer Komponente oder eines Systems sind gleichermaßen relevant.

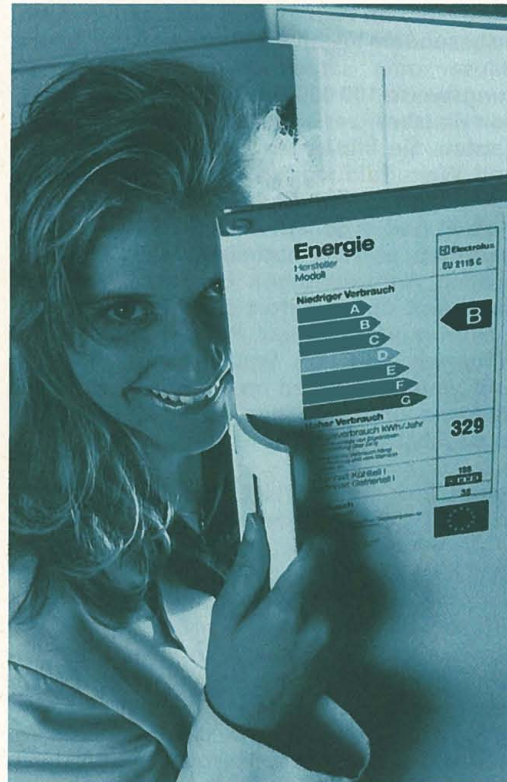
Adressaten und Instrumente: Die Käufer von Geräten und Anlagen sind die zentralen Adressaten des Bereichs *Elektrizität*, über sie wird der Markt beeinflusst. Die Macht der Nachfrage, kombiniert mit einer fokussierten Bestellerkompetenz, zeigt nachhaltige Wirkung. *Verbrauchszielwerte für Geräte, Label Energie 2000, Energiesparwochen, Gerätedatenbanken und Demonstrationsobjekte* sind die programmatischen Arbeitsmittel der Umsetzung. Zu diesem Zweck arbeitet der Bereich *Elektrizität* mit Herstellern zusammen, die das Angebot zielkonform modifizieren. Der Wechselwirkung von Angebot und Nachfrage ist durch den Einbezug beider Adressatenkreise – der Hersteller und der Käufer – Rechnung zu tragen. *Planungs- und Entscheidungshilfen* – als ergänzende Umsetzungsinstrumente – richten sich an Architekten, Ingenieure und Installateure, die damit Konzepte, Planungen, Systeme und Komponenten nach energetischen Kriterien optimieren.

Matrix des Stromverbrauches in der Schweiz: grosse Anteile für wärmetechnische Anwendungen, für Motoren, Geräte und Beleuchtungen.

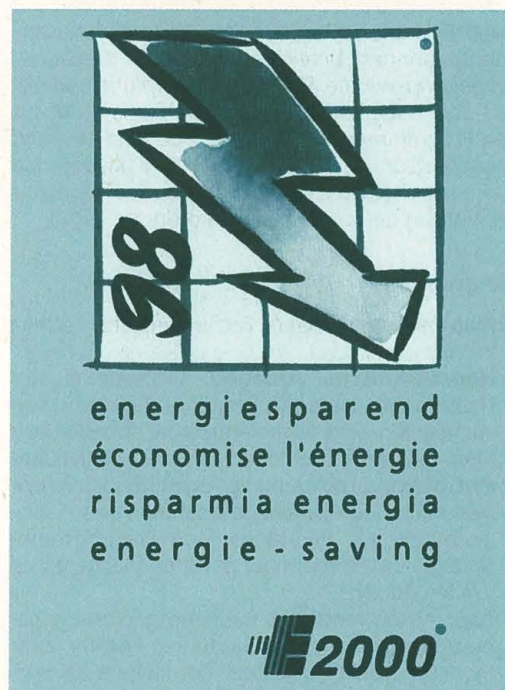
Prozessbereiche	Elektrizitätsanwendungen				
	Wärme (38 %)	Kraft (33 %)	Licht (11 %)	Geräte (13 %)	Diverses (5 %)
Haustechnik (25%)	7 %	8 %	10 %	–	< 1 %
Prozesse in der Industrie (30%)	8 %	19 %	–	–	3 %
Prozesse in Dienstleistungsbetrieben (14%)	9 %	2 %	–	1 %	2 %
Betriebs- und Haushalt-einrichtungen (24%)	12 %	–	–	12 %	–
Verkehr (7%)	2 %	4 %	1 %	–	< 1 %



Energie-Manager eines EDV-Netzwerks, der nach zeitlichen Vorgaben zentrale Netzwerk-Komponenten – Server, Hub, Modem – gezielt ein- und ausschaltet. Im Bild oben ist das eigentliche Managementsystem, darunter die EDV-Umgebung sichtbar.



Zwei Label, ein Ziel: die EU-Version für alle Haushaltgeräte und das «Label Energie 2000» für energiesparende Büro- und Unterhaltungselektronikgeräte.



Pilot- und Demonstrationsprogramm: EDV-Netzwerke, Elektromotoren und Leistungselektronik bilden die Schwerpunkte. Pilot- und Demonstrationsprojekte sind für effiziente Power-Management-Systeme, für Integralmotoren und Umrüchertechnologien geplant. Ziel der Projekte ist es, Forschungsergebnisse direkt umzusetzen und die technische Realisierbarkeit aufzuzeigen.

Das **Forschungsprogramm** im Bereich *Elektrizität* setzt drei Schwerpunkte: Optimierung von Übertragungs- und Verteilnetzen, rationelle Nutzung (Elektromotoren, EDV und Demand-Side-Management) sowie Supraleitung.

Organisatorisches: Drei Kontaktfelder sind für den Bereich *Elektrizität* wichtig:

- Partner bei Umsetzungsprojekten (Industrie, öffentliche Hand, Dienstleistungsbetriebe, Elektrizitätswerke, Hochschulen usw.)
- Energie 2000 mit den Ressorts *Öffentliche Hand, Wohnbauten, Gewerbe und Dienstleistungen*
- Internationale Zusammenarbeit mit Partnerorganisationen zur Harmonisierung von Zielwerten, Labels, Messverfahren und Standards.

Der Bereich *Elektrizität* ist der Sektion *Rationelle Energienutzung* zugeordnet. Bereichsleiter ist Dr. Rolf Schmitz, Tel. 031 322 54 61, Fax 031 323 25 00, E-mail rolf.schmitz@bfe.admin.ch

Fachkompetenz – Schlüssel zum energiegerechten Bauen

Tausende von Planern und Bauhandwerkern, insbesondere Installateure, planen und bauen Häuser oder setzen diese instand; schätzungsweise 100 000 Hauswarte und eine Million Hausbesitzer betreiben und warten diese Bauten. Sie bilden die Zielgruppen der Aus- und Weiterbildungsaktivitäten des BFE. Der Inhalt der Lektion: Das Gebäude als Gesamtsystem und in seinen einzelnen Teilen so zu gestalten und zu betreiben, dass bei definierten Anforderungen bezüglich Nutzung, Sicherheit und Komfort ein minimaler Energieverbrauch resultiert. Partner des BFE und Trägerschaften von Studiengängen, Kursen und Veranstaltungen im Energiebereich sind Kantone und Verbände, Berufs-, Techniker- und Fachschulen.

Priorität hat die Weiterbildung von Fachleuten, die mit der Planung und dem Bau bzw. der Instandsetzung, dem Betrieb und dem Unterhalt von Gebäuden und haustechnischen Anlagen betraut sind. Die Aus- und Weiterbildungsstelle versteht sich als Scharnier zwischen dem BFE und den Kantonen einerseits und den als Wissensvermittler tätigen Schulen und Verbänden andererseits. Es geht also in erster Linie um die Einbindung von einschlägigen Weiterbildungsinhalten in bereits bestehende oder leicht initialisierbare Infrastrukturen der Wissensvermittlung.

Inhaltlich orientieren sich die Weiterbildungsangebote an den Bereichsprogrammen *Gebäude, Umgebungswärme, Wärmekraftkopplung und Aktive Solarenergienutzung*, in zweiter Priorität an den Programmen der Bereiche *Holz* und *Verkehr*. Instandsetzungen von Gebäuden sind das zentrale Thema der nächsten Jahre. Eng verbunden ist damit der Vollzug der Luftreinhalteverordnung (LRV).

Zielgruppen

- **Planung:** Architekten, Fachingenieure, Techniker TS
- **Haustechnische Anlagen:** Installateure der Haustechnik (Heizung, Sanitär und Elektro). Am wichtigsten sind Kaderleute oder Inhaber von Klein- und Mittelbetrieben, die in der Regel über eine Meisterausbildung verfügen. Bei Sanierungen von kleinen Bauten übernehmen diese Fachleute sehr oft Beratungs- und Planungsfunktionen – um so wichtiger ist deren fachgerechte Weiterbildung.
- **Bau:** Ausführende des Bauhauptgewerbes, insbesondere Baumeister, Bauführer, Maurer, Zimmerleute und Dachdecker. Bei kleinen Bauvorhaben, beispielsweise bei Dachausbauten, Fenster- und Fassadenerneuerungen, sind diese Fachleute meist auch Berater der Bauherrschaft.
- **Betrieb und Unterhalt:** 100 000 neben- oder

vollamtliche Hauswarte betreuen, zusammen mit einer grossen Zahl von Hausbesitzern und Servicefachleuten, haustechnische Anlagen. Zwischen 10 % und 15 % des Energieverbrauchs lassen sich allein mittels einer Betriebsoptimierung einsparen – beispielsweise durch den Hauswart.

- **Vollzug:** Kantonale Behörden, insbesondere Energiefachstellen, kommunale Behörden sowie ihre Beauftragten, zum Beispiel Feuerungskontrolleure und Kaminfeger, tragen zur Durchsetzung energierelevanter Vorschriften bei.

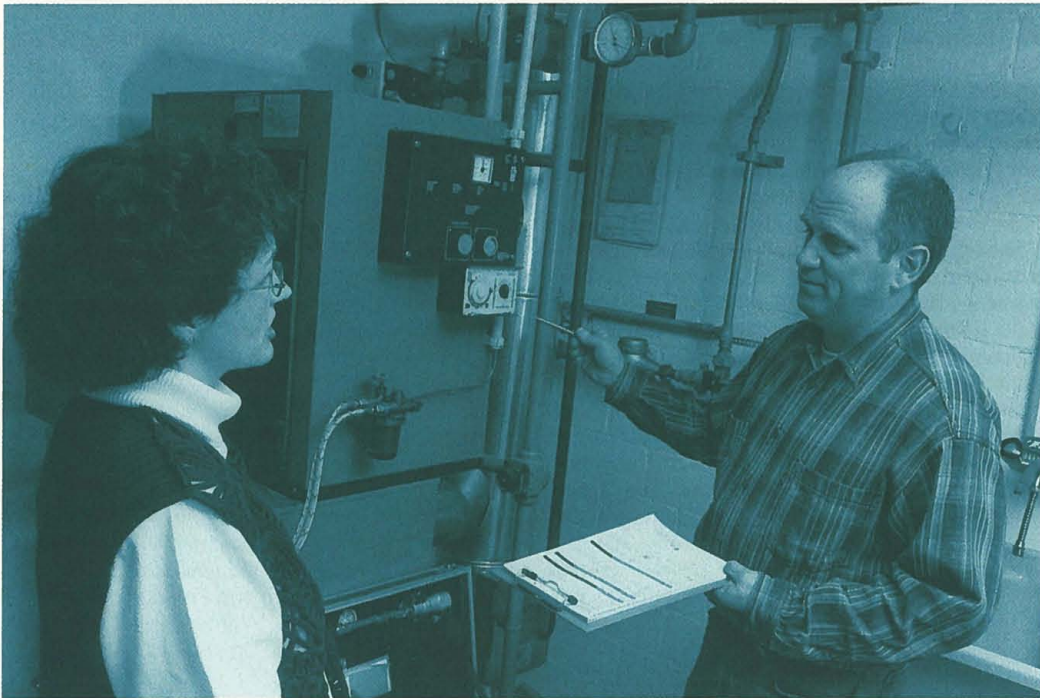
Trägerschaften

- **Fachhochschulen** sind wichtige Aus- und Weiterbildungsstellen für Planer von Bauten und Anlagen. Besondere Bedeutung kommt den Nachdiplomstudien und den Nachdiplomkursen zu, weil sich diese Angebote an Fachleute mit praktischer Erfahrung richten, was die Umsetzung von neuem Wissen beschleunigt.
- **Technikerschulen** bieten berufsbegleitende Ausbildungen von sieben Semestern an, die speziell in der Haustechnikbranche eine Lücke füllen (Planer).
- **Berufsschulen** behandeln zwar allgemeine Aspekte zu den Themen Energie und Ökologie, Lernziele des energiegerechten Bauens fehlen indessen weitgehend. Künftig könnten derartige Inhalte in offenen Lehrbereichen vermittelt werden.
- **Verbände:** Gute Resultate erbrachten die drei Ausbildungsmodule *Kesselsatz, Solare Wassererwärmung* und *Wärmepumpentechnik*; die Zusammenarbeit muss jedoch – zur Realisierung neuer Kurse und deren Multiplikation – intensiviert werden. Bereits sehr aktiv ist beispielsweise die *Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz*, die ein aktuelles und zielgruppenorientiertes Kurs- und Veranstaltungsangebot führt.
- **Kantone** organisieren in Zusammenarbeit mit ihren kantonalen und regionalen Energiefachstellen Kurse und Tagungen und beteiligen sich an gesamtschweizerischen Ausbildungsgängen und an Unterrichtsmitteln.

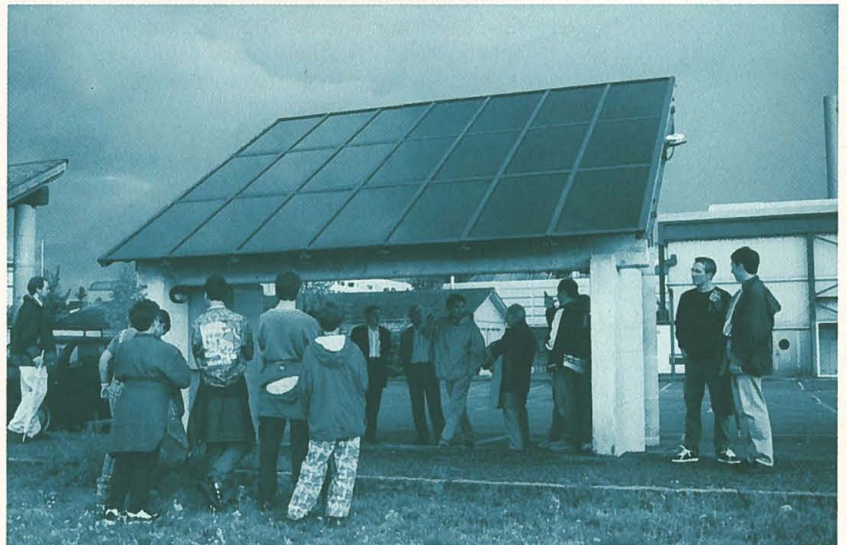
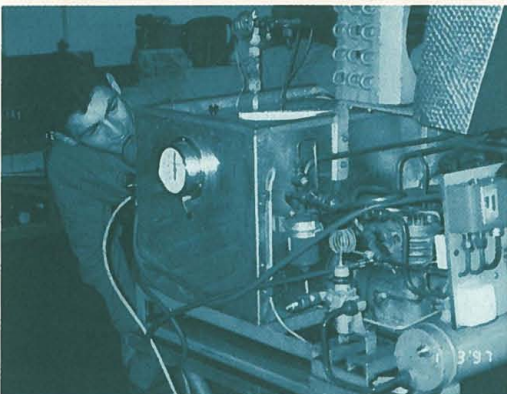
Ziele für das Jahr 2000

- Zur Schulung von Ausführenden im Installations- und Bauhauptgewerbe soll ein Netzwerk aus Verbänden, Referenten und Koordinationsbeauftragten entstehen. Anhand dieses Netzwerks lassen sich neue Themen rasch aufgreifen und gesamtschweizerisch umsetzen.
- Im Rahmen der energierelevanten Nachdiplomausbildung an Fachhochschulen sollen Rahmenlehrpläne verschiedener Basismodule von Nachdiplomkursen, beispielsweise zu den Themen *Bauphysik, Baukonstruktion* und *Haustechnik*, inhaltlich so koordiniert werden, dass eine gesamtschweizerische Lernkontrolle – in Form einer gemeinsamen Schlussprüfung – möglich ist. Dies fördert die Mobilität der Studierenden.
- Die vom BFE unterstützten Weiterbildungsangebote sollen mit den Programmen der involvierten Bereiche korrelieren.
- Die Informationstätigkeit sollte verstärkt werden, um die Angebote den Zielgruppen besser bekannt zu machen.

Organisatorisches: Der Bereich *Aus- und Weiterbildung* unterstützt die Bestrebungen der Bereiche *Gebäude, Umgebungswärme, Solarenergienutzung, Holz* und *Verkehr*. Der Bereich ist der Sektion *Rationelle Energienutzung* zugeordnet. Bereichsleiter ist Daniel Brunner, Tel. 031 322 56 13, Fax 031 323 25 00, E-mail daniel.brunner@bfe.admin.ch



Aus- und Weiterbildung als Schlüssel zur Fachkompetenz: Information zur Betriebsoptimierung einer Heizung (links). Versuchsbetrieb mit einer Kälteanlage (links Mitte). Arbeiten mit einem Solarmessgerät (unten links). und Führung an einer Demonstrationsanlage mit Solarzellen (unten).



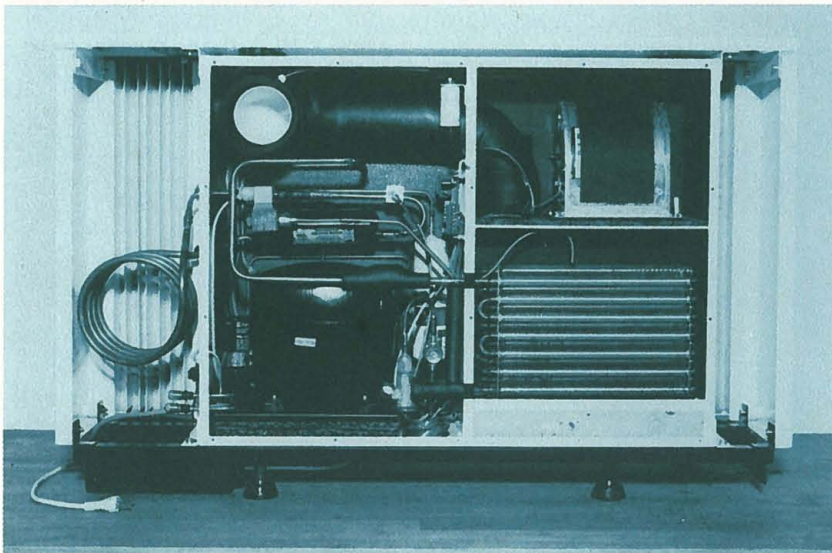
Wärmepumpen und Wärmekraftkopplung: Wege zur thermodynamisch besseren Raumheizung

Die enormen Wärmemengen zur Raumheizung – rund die Hälfte des schweizerischen Energiebedarfs – werden nur zu 5 % in einer Weise erzeugt, die mit den heutigen technischen Möglichkeiten zur effizienten Nutzung von Primärenergie im Einklang steht (Wärmepumpen, Blockheizkraftwerke, Fernwärme). Ende 1990 standen in der Schweiz rund 34 000 Wärmepumpen mit einer jährlichen Wärmeproduktion von 1100 GWh in Betrieb. 1997 waren es bereits 50 000 Geräte, die jedes Jahr 1600 GWh Wärme erzeugen. Der Trend liegt durchaus im Sinne von Energie 2000: 2450 GWh Heizwärme sollen bis ins Jahr 2000 – zusätzlich zu den Erträgen von 1990 – durch Nutzung von Umgebungsenergie produziert werden. Die für den Antrieb der Wärmepumpen nötige Elektrizität soll eingespart oder mit Wärmekraftkopplungsanlagen erzeugt werden.

Der überwiegende Anteil der für das Jahr 2000 anvisierten Wärmeproduktion, soll aus elektrisch betriebenen Wärmepumpen (WP) stammen, was – bei einer veranschlagten mittleren Jahresarbeitszahl von 3 – einen zusätzlichen Elektrizitätsbedarf von 750 GWh bedeutet. Diese Antriebsenergie wird gemäss den Zielen von Energie 2000 durch den Ersatz von Elektro-Widerstandsheizungen eingespart und in Kehrlichtverbrennungs- sowie dezentralen Wärmekraftkopplungsanlagen erzeugt.

Das Ziel von Energie 2000, die 230 000 Elektro-Widerstandsheizungen sowie die unzähligen Kleinheizgeräte zumindest teilweise vom Netz zu nehmen, hat handfeste Gründe: Die «Stromfresser» benötigen rund 11 % des Winterstromverbrauchs. Der Abschied fällt heute um so leichter, als betriebssichere Alternativen, beispielsweise Einzelraum-Wärmepumpen, auf dem Markt erhältlich sind. Die Ergänzung von Kehrlichtverbrennungsanlagen mit einer Stromerzeugerstufe könnte einen Elektrizitätsertrag von zusätzlich 300 GWh bringen. 450 GWh Elektrizität stammen – gemäss den Zielen von Energie 2000 – von dezentralen Blockheizkraftwerken.

Einzelraumwärmepumpen ersetzen Widerstandsheizungen: Das Gerät wird in der Art eines konventionellen Heizkörpers an die Aussenwand – beispielsweise unter das Fenster – montiert.



Umweltverträgliche Kältemittel sowie eine völlige LRV-Übereinstimmung – bei thermisch angetriebenen Aggregaten – sind strikte Bedingungen für eine allfällige Förderung von Wärmepumpen und WP-Technologien.

Zweifelsohne hat sich die Akzeptanz der Elektromotor-WP in den letzten Jahren verbessert: jedes dritte, neu erstellte Einfamilienhaus ist mit einer WP ausgerüstet. Grosse Potentiale liegen aber nach wie vor brach: In der Schweiz kommen jedes Jahr rund 30 000 Wärmeerzeuger aufgrund von Sanierungen bestehender Heizungen in Betrieb – davon sind lediglich 2,5 % WP. Höhere Investitions- und Energiekosten von WP – und damit eine ungenügende Wirtschaftlichkeit – geben sehr oft den Ausschlag zugunsten fossiler Heizungen. Hemmnisse sind aber auch in der Skepsis von Bauherrschaften und ihren Beauftragten, Verwaltungen, Architekten und Installateuren, gegenüber der WP-Technologie zu orten. Schliesslich ist manchenorts die Bewilligungspraxis zur Nutzung von Erreich und öffentlichen Gewässern als Wärmequellen für viele potentielle Investoren zu umständlich.

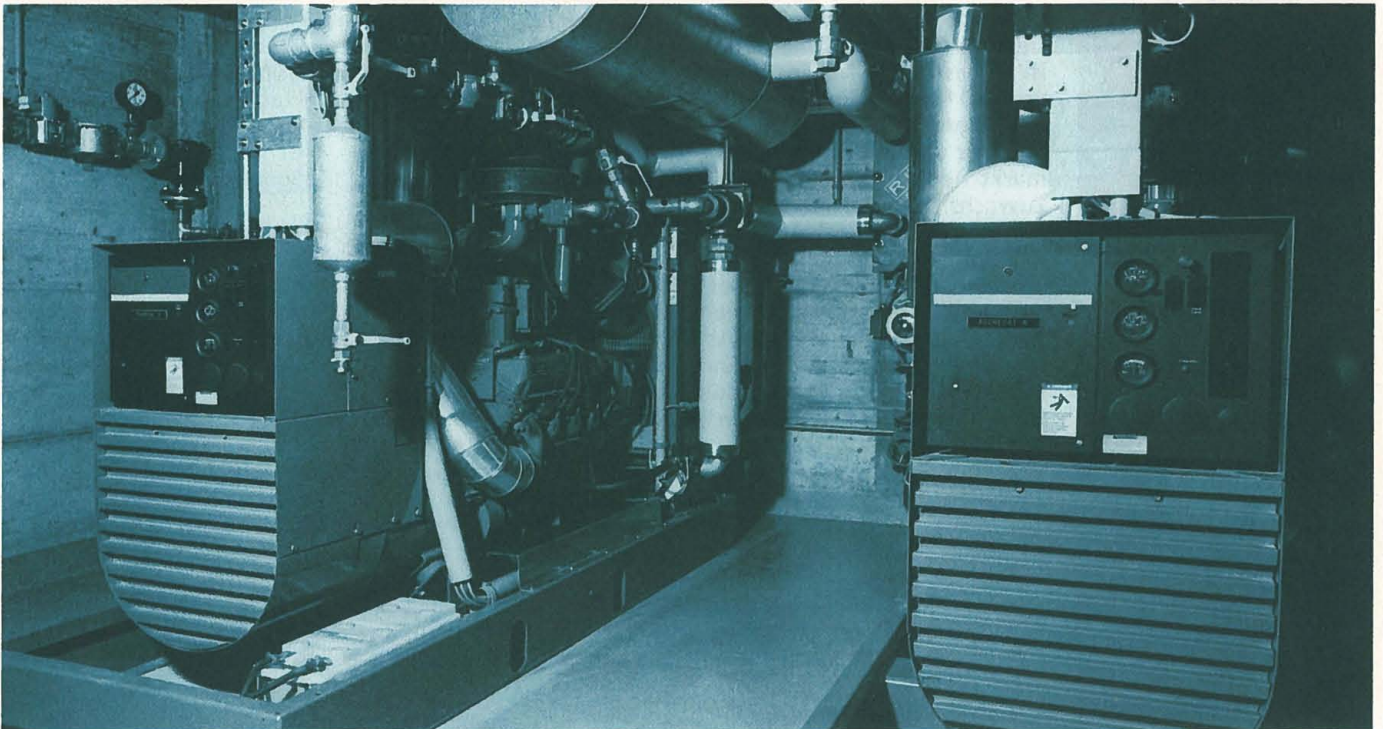
Voraussetzungen zur Erreichung der Ziele

- Potentiale zur Kostensenkung orten und konsequent ausschöpfen.
- Jahresarbeitszahl bis ins Jahr 2000 auf 3,5 verbessern (Durchschnittswert).
- Marktdurchdringung unterstützen, insbesondere für Sanierungen.
- Rahmenbedingungen für WP sowie für flankierende Technologien – Wärmekraftkopplungsanlagen und Ersatz von Elektro-Widerstandsheizungen – verbessern.

Markteinführung und Marktsicherung

Alle zentralen Aktivitäten zur Markteinführung und Marktsicherung von WP werden von der *Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz* (FWS) – in Zusammenarbeit mit dem Ressort *Regenerierbare Energien* – wahrgenommen. Dazu zählen Basismarketing, Qualitätssicherung und brancheninterne Ausbildung. Ziel ist es, diese Massnahmen bis ins Jahr 2000 selbsttragend zu gestalten. In der FWS sind – neben dem BFE und einigen Kantonen – die WP-Branche, Installationsverbände sowie die Elektrizitätswirtschaft vertreten. Die Hauptziele sind:

- Marktanteil steigern, bei Sanierungen und bei Neubauten.
- Marktpotentiale für WP mit Leistungen über 50 kW suchen und bewerten.
- Kosten bei Herstellung und Installation senken.
- Ausbildung verstärken, vor allem von Installateuren.
- Effizienz steigern, in Zusammenarbeit mit dem Wärmepumpentest- und Ausbildungszentrum in Winterthur-Töss.
- Etablierung einer Typenprüfung und eines Gütesiegels.
- Bewilligungsverfahren in den Kantonen harmonisieren.
- Partner im Markt rekrutieren und motivieren.



- Kommunikation (Information und Werbung) weiterführen. Adressaten sind Bauherrschaften und ihre Beauftragten, Verwaltungen, Architekten, Haustechnikplaner und Installateure, denen mit der WP «Sinn» verkauft werden kann: WP sind aus ökologischen, energiewirtschaftlichen und betrieblichen Gründen sinnvoll.

Pilot- und Demonstrationsprogramm

Der Schwerpunkt liegt in dem Technologie-Transfer von Forschungsergebnissen in Pilotanlagen, insbesondere bezüglich Effizienz, Umweltverträglichkeit und Investitionskosten von WP-Anlagen.

Ziele für Anlagen mit Leistungen bis 50 kW:

- Sanierung, Umbau bestehender Heizungen: effizientere, billigere, umweltfreundlichere WP.
- Neubau: Entwicklung kostengünstiger, monovalenter WP, die keinen technischen Speicher benötigen.

Ziele für mittlere und grosse Anlagen mit Leistungen über 50 kW:

- Standardisierung verstärken, bei gleichzeitiger Senkung des Wartungsaufwands.
- Wärmekollektive initiieren und begünstigen.
- Demonstrationsanlagen der Wärmekraftkopplung zur schadstoffarmen Nutzung von Biomasse (Holz und andere nachwachsende Rohstoffe).
- Brennstoffzellen anwenden.
- Innovative Konzepte zur Tarifierung des Elektrizitätsbezugs, zur Finanzierung (Contracting usw.) und zum Ersatz alter Systeme entwickeln und umsetzen.
- Anschlussvorschriften vereinheitlichen.

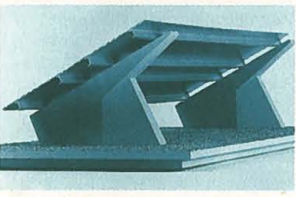
Forschung

- Kältemittel: Umstellung auf alternative und vor allem natürliche Stoffe; Wissenslücken bezüglich Stoffwerte und Wärmetransport bei der Verdampfung und der Kondensation schliessen; kleine Anlagekomponenten mit geringen Flüssigkeitsinhalten und hermetische Kompressoren für kleine Ammoniak-Anlagen entwickeln.
- Elektro-WP: Luft-Wasser-WP für monovalenten Betrieb ohne Heizspeicher entwickeln, auch für grössere Temperaturhübe im Sanierungsbereich.
- Effizienz, Jahresarbeitszahlen und Betriebssicherheit von WP und Blockheizkraftwerken erhöhen, insbesondere unter Einsatz von Diagnose- und Optimierungswerkzeugen.
- Zuverlässigkeit von WP erhöhen: Typenprüfung, Erfolgskontrolle und Diagnosesysteme.
- Absorptionstechnik: Weiterentwicklung eines Heizkessels mit integrierter Absorptions-WP, der wesentlich effizienter arbeitet als bisherige Brennwertkessel.

Wärmekraftkopplungsanlagen nutzen, im Vergleich mit konventionellen Wärmeerzeugern, fossile Brennstoffe besser: zwei Blockheizkraftwerke zur kombinierten Erzeugung von Strom und Wärme.

Organisatorisches: Einige Aktivitäten des Bereichs *Umgebungswärme, Wärmekraftkopplung* sind im Annex 16 «Heat Pump Center» der IEA eingebunden. Die Mitarbeit des Swiss National Team fördert den internationalen Technologie-Transfer, aber auch den Austausch von Ideen und Erfahrungen in der Forschung und Entwicklung, in der Marktbearbeitung und im Betrieb. Der Bereich *Umgebungswärme, Wärmekraftkopplung* erfüllt eine unverzichtbare Scharnierfunktion zwischen dem Ressort *Regenerierbare Energien* von Energie 2000 und der *Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz*. Der Bereich *Umgebungswärme, Wärmekraftkopplung* ist der Sektion *Erneuerbare Energien* zugeordnet. Bereichsleiter ist Fabrice Rognon, Tel. 031 322 47 56, Fax 031 323 25 00, E-mail fabrice.rognon@bfe.admin.ch

Mit Kollektoren und Solarzellen ins nächste Jahrtausend



Viermal Solarenergienutzung (von oben nach unten): Unverglaste Sonnenkollektoren zur Wasservorwärmung in einer Siedlung in Plan-les-Ouates bei Genf, Kompakt-Solaranlage zur Wasservorwärmung in einem Einfamilienhaus, Montage von Paneelen mit Solarzellen an der A13 bei Domat/Ems und eine vielversprechende Aufständerung für Solarmodule auf Flachdächern.

Installierte Leistung und Jahresertrag von Anlagen zur thermischen und photovoltaischen Nutzung von Sonnenenergie (ohne Einrichtungen zur Heutrocknung), 1995.

Die Bedeutung der thermischen und photovoltaischen Sonnenenergienutzung für eine treibhauseffektneutrale Energieversorgung ist unbestritten. Mit installierten Leistungen von 200 MW für die thermische und 8 MW für die photovoltaische Nutzung ist die Infrastruktur vorläufig zu klein, um den Energiemarkt neu zu «mischen». Die zweistelligen Zuwachsraten der letzten Jahre bei Komponenten zur thermischen Nutzung – noch dazu in Zeiten einer markanten Rezession – geben indessen zu Optimismus Anlass. Diese Marktdynamik, ergänzt durch gezielte Fördermassnahmen und gleichzeitigen Abbau von latenten und manifesten Hemmnissen auf allen Ebenen, ist Grundlage für substantielle Beiträge dieser umweltfreundlichen Energiegewinnungstechnik.

Leitlinien. Fünf übergeordnete Leitlinien prägen die Aktivitäten des Bereichs *Aktive Solarenergienutzung* (thermische und photovoltaische Nutzung):

- Verbesserung des Preis-Leistungs-Verhältnisses
- Qualitätssicherung und Standardisierung von Materialien, Komponenten, Systemen und Verfahren
- Umweltverträgliche Produktionsmethoden und Materialien
- Aufzeigen von guten, multiplizierbaren Lösungen
- Finanzhilfen, sofern diese wirksam und politisch akzeptiert sind

Thermische Sonnenenergienutzung

Solaranlagen zur thermischen Nutzung werden weitgehend mit traditionellen Methoden und unter Verwendung herkömmlicher Materialien und Bauteile hergestellt. Innovationen finden nur langsam zum Markt. Der mit kleinen Low-flow-Systemen vorgezeichnete Weg, unter Einbezug neuer Materialien und Fertigteile sowie modifizierter Anlagentechnologien verbesserte Preis-Leistungs-Verhältnisse zu generieren, ist für alle Anlagentypen zu verfolgen. Dies gilt insbesondere für sogenannte Standardanlagen (Anlagen zur Wasservorwärmung, Wasservorwärmung und Heizungsunterstützung).

Markteinführung und Marktsicherung

- Enge Zusammenarbeit mit Swissolar und den Fachverbänden.
- Erfolgsversprechende Marktsegmente werden im Rahmen von Beschleunigungsaktionen intensiv bearbeitet.
- Swissolar soll Qualitätsbegriff für Solaranlagen werden.
- Subventionen.
- Ausbildung verstärken, insbesondere mit den Inhalten *Planung, Installation und Verkauf* von Solaranlagen.

- Pacer-Aktivitäten, soweit sinnvoll, weiterführen.
- Empfehlungen zur Nutzung von Sonnenenergie (ENS) verbreiten.
- SPF *Solarenergie Prüfung Forschung* am Interkantonalen Technikum Rapperswil: Ausbau zum schweizerischen Kompetenzzentrum *Sonnenkollektoren*.
- Qualitätslabel für Sonnenkollektoren etablieren (SPF).
- Contracting-Lösungen für Mehrfamilienhäuser mit Mietverhältnissen erarbeiten und vermitteln, Aufbau einer Beratungsstelle für Contracting-Partner, allenfalls in Zusammenarbeit mit Hauseigentümerverbänden.

Pilot- und Demonstrationsprogramm

Pilotprojekte dienen der Bewertung von Forschungs- und Entwicklungsergebnissen, insbesondere von neuen Materialien und Anlagekonfigurationen. Demonstrationsprojekte belegen die Marktfähigkeit des einschlägigen Angebotes. P+D-Charakter haben aber auch Vorschläge zur neuartigen und erfolgsversprechenden Integration von thermischen Solaranlagen in konventionelle Haustechniksysteme.

Forschung

- Das **Projekt «Absorber 2000»** soll Sonnenkollektoren zu einem höheren Wirkungsgrad verhelfen, bei gleichzeitig umweltfreundlichen Produktionsmethoden. Das Produkt steht vor der industriellen Umsetzung.
 - **Systeme zur Wasservorwärmung** (Anlagen zur Wasservorwärmung und solche mit höheren Deckungsgraden): Einbezug von Systemen, die bei uns wenig verbreitet sind, beispielsweise «Drainback» und «Plancher solaire direct».
 - Systeme zur Heizungsunterstützung.
 - Hybride Systeme für die thermisch-photovoltaische Solarenergienutzung sind weiter zu entwickeln.
 - Qualitätssicherung, Tools, Testmethoden.
 - Thermische Kraftwerke zur Stromerzeugung.
- Der grösste Teil der erwähnten Aktivitäten ist in das *Solar Heating & Cooling Program* der Internationalen Energie-Agentur eingebunden.

Organisatorisches: Für den Bereich *Aktive Solarenergienutzung* sind die Ressorts *Wohnbauten* und *Regenerierbare Energien* sowie das Actornetzwerk Swissolar von Energie 2000 in vielen Projekten Partner. Der Bereich *Aktive Solarenergienutzung* ist der Sektion *Erneuerbare Energien* zugeordnet. Bereichsleiter ist Urs Wolfer, Tel. 031 322 56 39, Fax 031 323 25 00, E-mail urs.wolfer@bfe.admin.ch

	Thermische Nutzung (Wärme)	Photovoltaische Nutzung (Elektrizität)
Installierte Leistung	200 MW	8 MW
Jahresertrag	88 GWh	5,7 GWh

Photovoltaik

Markteinführung und Marktsicherung

- «Solarstrom vom Elektrizitätswerk» als Angebot für Stromkonsumenten ohne eigene Anlage bietet ein grosses Potential. Zusammen mit dem VSE und örtlichen Elektrizitätswerken soll die Aktion auf die ganze Schweiz ausgedehnt werden.
- Subventionen für alle PV-Anlagen über 1 kW.
- Verstärkte Anwendung der ENS zur Sicherung der Anlagenqualität.
- Pacer-Aktivitäten weiterführen.
- Software-Tools verbessern und professionell vertreiben (beispielsweise über Verbände, Kurse und Workshops).
- Qualitätsüberwachung von Anlagen durch Übernahme von Referenzdaten (im Rahmen des Projekts «Individuelle monatliche Information über die photovoltaische Produktion»). Das Projekt zeitigt einen positiven Nebeneffekt, indem Daten zum langfristigen Verhalten von Anlagen verfügbar werden.

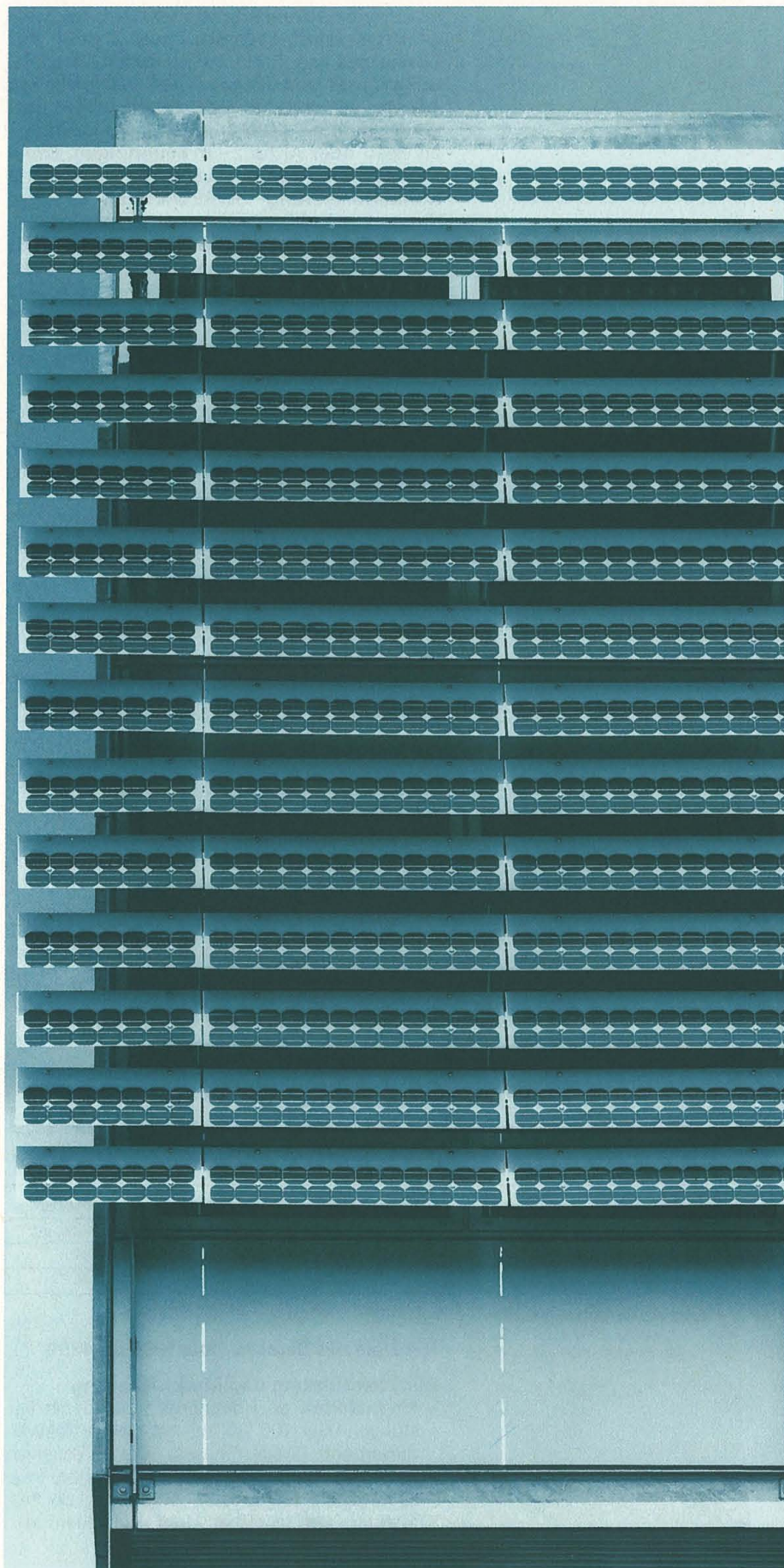
Pilot- und Demonstrationsprogramm

- Innovative Anlagekonzepte, beispielsweise als Fassadenintegrationen und Schallschutzeinrichtungen oder in Kombination mit neuen Solarzellen und Wechselrichtertechnologien.

Forschung

- Konzentration in der Solarzellenforschung auf Dünnschichtzellen (andere Technologien sind an anderen Institutionen Gegenstand der Forschung).
- Aufbau von Qualitätssicherungssystemen für Photovoltaikanlagen.
- Entwicklung von preisgünstigen Wechselstrom-Modulen für Kleinanwender.
- Evaluation von grösseren Inselanlagen zur Realisierung von lokalen Inselnetzen in abgelegenen Gebieten, allenfalls mit Berücksichtigung von Entwicklungshilfeprojekten.

*Hochwertige Architektur in Winterthur:
mit Solarzellen bestückte Sonnenschutzlamellen am städtischen
Betriebsgebäude. Die Südfassade ist insgesamt 114 m lang,
die elektrische Spitzenleistung der photovoltaischen
Anlage beträgt 48 kW.*



Naturnahe Energieversorgung mit Holz

Im Schweizer Wald wächst mehr Holz nach, als geerntet wird: Lediglich zwei Drittel des Zuwachses von 7 Mio. m³ werden wirtschaftlich genutzt. Von der gesamten Holzernte von 4,6 Mio. m³ endet annähernd die Hälfte entweder direkt – als Waldholz – oder indirekt – als Rest- oder Altholz – in Feuerungen. Ohne Schaden für Wald und Landschaft und ohne Konkurrenz höherwertiger Verwendungszwecke könnte der energetisch verwertete Anteil verdoppelt werden – 10 Mia. statt der heute 5 Mia. kWh an Holzenergie. Dies ist auch das Ziel von Energie 2000: 6 % des Wärmebedarfs sind mit dem einheimischen und nachwachsenden Rohstoff Holz zu decken. Gegenüber 1990 bedeutet dies eine Steigerung um 100 %.

Ende 1995 waren in der Schweiz 26 Altholzfeuerungen, 4500 automatische Holzfeuerungen und 620 000 Stückholzfeuerungen – der grösste Teil sind einfache Holzöfen – in Betrieb. Diese rund 625 000 Feuerungen decken gut 2 % des Gesamtenergie- und 4 % des Wärmebedarfs. Holz ist also bereits heute – nach der Wasserkraft – der wichtigste erneuerbare Energieträger in der Schweiz. Einer verstärkten Nutzung von Energieholz stehen allerdings widrige wirtschaftliche Verhältnisse entgegen. Bei Holzfeuerungen sind die Investitions- und Betriebskosten durchwegs, die Brennstoffkosten fallweise höher als bei Ölfeuerungen gleicher Leistung. Die enge wirtschaftliche Betrachtungsweise ist nur ein, wenn auch wichtiges, Kriterium für diese «naturnahe» Energieversorgung. Fördernd für die Holzenergie wirkt oft das öffentliche Interesse auf allen Ebenen – in Bund, Kantonen, Gemeinden und regionalen Körperschaften. Nicht ohne Grund, denn fast drei Viertel des Energieholzes stammen aus Wäldern der öffentlichen Hand. Schliesslich sprechen oft die hohen Anteile an lokaler und regionaler Wertschöpfung für die Realisierung einer Holzheizung, mit oder ohne Wärmeverbund – starke forst- und volkswirtschaftliche Argumente neben den sattsam bekannten ökologischen Vorteilen der Holzheizung.

Genutzte Holzenergie, 1996

	Waldholz	Restholz	Altholz	Total
Genutzte Holzenergie	0,9 Mio. m ³	1,1 Mio. m ³	0,2 Mio. m ³	2,2 Mio. m ³
Energie	2 TWh	2,5 TWh	0,4 TWh	4,9 TWh

	1990	1995	2000	2010/15
Nutzung von Holzenergie	1,7 Mio. m ³	2,2 Mio. m ³	3,4 Mio. m ³	5 Mio. m ³
Anteil am Wärmemarkt	3 %	4 %	6 %	9 %
Anteil am Endverbrauch	1,6 %	2,2 %	3,4 %	5 %

Nutzung von Holz für energetische Zwecke, 1990 und 1995, Ziele für die Jahre 2000 und 2010/15.

Die Ziele des Bereichs Holz 1996 bis 1999

Markteinführung und Marktsicherung

- **Finanzhilfen** an Holzenergieprojekte mit Leistungen über 100 kW, mit oder ohne Nahwärmeverbund (Weiterführung). Die Massnahme basiert auf dem Befund, dass die (hohen) Investitionskosten das grösste Hemmnis bei der Realisierung von automatischen Holzfeuerungen sind.

- **Informations- und Beratungsdienst:** Flächen-deckende Infrastruktur in der ganzen Schweiz aufbauen durch Gründung regionaler Ableger der Vereinigung für Holzenergie (VHe);
- **Öffentlichkeitsarbeit** auf der Grundlage des Konzepts «Im Wald wächst Wärme» aus dem Jahr 1994. Die Aktivitäten richten sich nach den Jahresarbeitsplänen des Actornetzwerks Holz.
- Die **Beschleunigungsaktion** «Wald- und Restholznutzung in Gemeinden und grösseren holzverarbeitenden Betrieben» initiiert Projekte zur Wärme- und Elektrizitätserzeugung.
- **Aus- und Weiterbildung:** Basierend auf den Pacer-Aktivitäten ist ein stufengerechtes Angebot von Kursen und Veranstaltungen an ETH, HTL, Techniker- und Berufsschulen zu generieren; zentrale Adressatenkreise sind Architekten, Ingenieure und Installateure. Bei der Weiterbildung steht die Defizitgarantie des BFE für einschlägige Kurse und Veranstaltungen im Zentrum.
- **Flankierende Massnahmen:** Verbesserung der Marktstrukturen (Logistik, Aufbereitung von Wald-, Rest- und Altholz); Regionalisierung des Spot-Markts; Förderung der Interessengemeinschaften Altholz; Qualitätssicherung bei Anlagen, Produkten und Projekten; Standardisierung als Qualitätssicherungs-massnahme; innovative Lösungen zur Trägerschaft und zur Finanzierung von Holzenergieanlagen (Contracting, Ökokredite); Einbezug von Externen Kosten in Wirtschaftlichkeitsberechnungen propagieren usw.

Pilot- und Demonstrationsprogramm

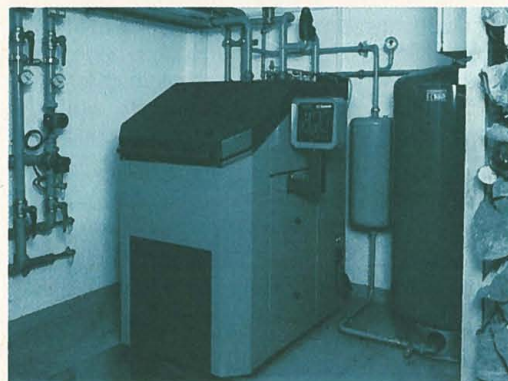
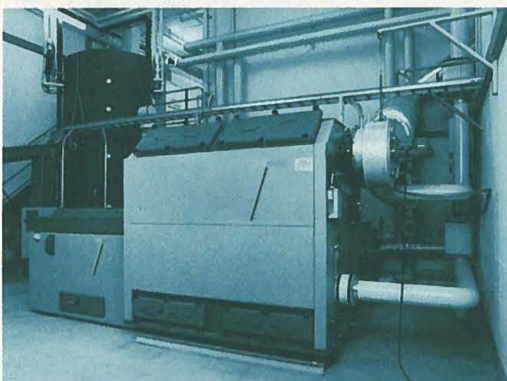
- Umsetzung von Forschungsergebnissen betreffend NOx-Emissionen und Abgaskondensation.
- Messreihen und Erprobungen an Holzfeuerungen des P+D-Programms.
- Emissionsarme Altholzfeuerungen im industriellen Massstab.
- Elektrizitätserzeugung aus Holz mit Dampfturbinen.
- Aufbau und Betrieb einer ersten Anlage in Vergasertechnik zur Elektrizitätserzeugung.

Forschung

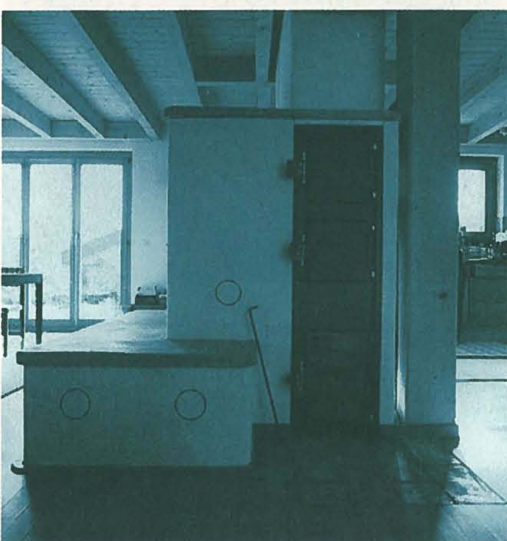
- Low-NOx-Technik als Primär-massnahme: Minderung der NOx-Produktion in der Feuerung von 40 % bei Waldhackschnitzeln und von 60 % bei Restholz.
- Low-NOx-Technik als Sekundär-massnahme: Minderung des NOx-Gehalts im Abgas um bis zu 90 % (Schweizer Beteiligung an einem EU-Projekt).
- Abgaskondensation: Vergleich verschiedener Verfahren; Erfolgskontrolle und Betriebsoptimierung an einer grossen Holz-schnitzelfeuerung.
- Feuerungstechnik: Messtechnische Erfassung von Brennkammern.
- Die Forschungsaktivitäten in der Vergaser-Technologie werden vom Bereich Biomasse betreut.



Mobile Shredderanlage zur Produktion von Holzschnitzeln (links), Heizzentrale in Altdorf mit Holzschnitzelfeuerung zur Versorgung mehrerer Bauten über ein Wärmenetz.



Während sich die automatische Holzschnitzelfeuerung (links) eher für grosse Objekte eignet, sind Stückholzkessel (rechts) auch für kleine Bauten umweltfreundliche Wärmeerzeuger.



Zwei effiziente Klein-Holzfeuerungen: Stattlicher Stubenofen mit Sitzkiste in einem Einfamilienhaus (links), wohlige Wärme aus einem Zimmerofen mit Glastüre (rechts).

Organisatorisches: Der Bereich Holz arbeitet eng mit dem Ressort *Regenerierbare Energien* von Energie 2000, dem Actornetzwerk Holz – und dessen beiden Schwerpunkten *Klein-Holzfeuerungen* und *Altholz* – sowie der Beschleunigungsaktion «Wald- und Restholznutzung in Gemeinden und grösseren holzverarbeitenden Betrieben» zusammen. Der Bereich Holz ist der Sektion *Erneuerbare Energien* zugeordnet. Bereichsleiter ist Daniel Binggeli, Tel. 031 322 68 23, Fax 031 323 25 00, E-mail daniel.binggeli@bfe.admin.ch

Organische Abfälle und nachwachsende Rohstoffe mit grossen Potentialen



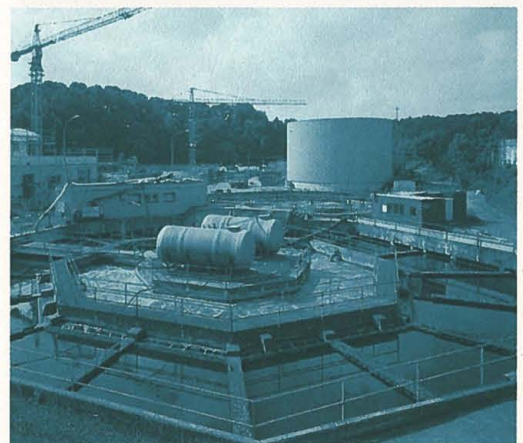
Nutztiere liefern Biogas: Das Bild zeigt «Produzenten» im schaffhauserischen Thayngen.

Organische Abfälle aus Landwirtschaft, Haushalten, Gewerbe, Industrie, Garten- und Landschaftspflege sowie nachwachsende Rohstoffe wie Chinaschilf, Energiegras und Raps eignen sich als Ausgangsstoffe zur Gewinnung von Strom, Wärme und Traktionsenergie. Rund 400 GWh werden heute jährlich aus Biomasse – ohne Holz – gewonnen; der Löwenanteil dieser Ernte stammt bislang aus Klärgas. Mit knapp 8000 GWh ist das Potential rund 20mal grösser. Ungenutzte Potentiale bieten vor allem die Biogasnutzung in landwirtschaftlichen Betrieben sowie die Nutzung nachwachsender Rohstoffe.

Heute sind rund 100 landwirtschaftliche Biogasanlagen in Betrieb, ein weiteres Dutzend Vergärungsanlagen steht in Industriebetrieben, und sechs Anlagen verarbeiten Grünabfälle. Zur verstärkten Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen ist eine Ausweitung der Anbaufläche von gegenwärtig rund 1500 ha auf 10000 ha durchaus denkbar. Aus Klärgas könnten – zusätzlich zur heutigen Nutzung – 200 GWh Elektrizität und 85 GWh Wärme gewonnen werden. Diese Werte entsprechen den Zielen von Energie 2000. Deponiegas lässt sich heute wirtschaftlich nutzen, so dass eine öffentliche Förderung von entsprechenden Anlagen nicht angezeigt ist. Das Potential zur Nutzung von Abfällen aus der Landschaftspflege hängt weitgehend vom Ausmass der ökologischen Ausgleichsflächen und dieses wiederum von der Umweltschutz- und der Landwirtschaftspolitik ab (Tabelle).

Technologien: Die energetische Nutzung von Biomasse kann auf drei Arten erfolgen: *Verbrennen*, *Vergasen* und *Vergären*. Zur Wärmeerzeugung empfiehlt sich die *Verbrennung*, zur kombinierten Erzeugung von Strom und Wärme die *Vergasung*. Die *Vergärung* (Biogasgewinnung) eignet sich für die Erzeugung von Strom, Wärme und Treibstoff. Die bisherigen schweizerischen Forschungs- und Entwicklungsbestrebungen zur Vergasung von Biomasse beschränkten sich auf Festbettvergaser. Verschiedene Vergaser sind auf dem Markt erhältlich, doch steht ihre Bewährung im Langzeitbetrieb noch aus. Auch das Zusammenwirken von Vergaser, Gasreinigung und Motor in einem Gesamtsystem ist noch nicht optimiert.

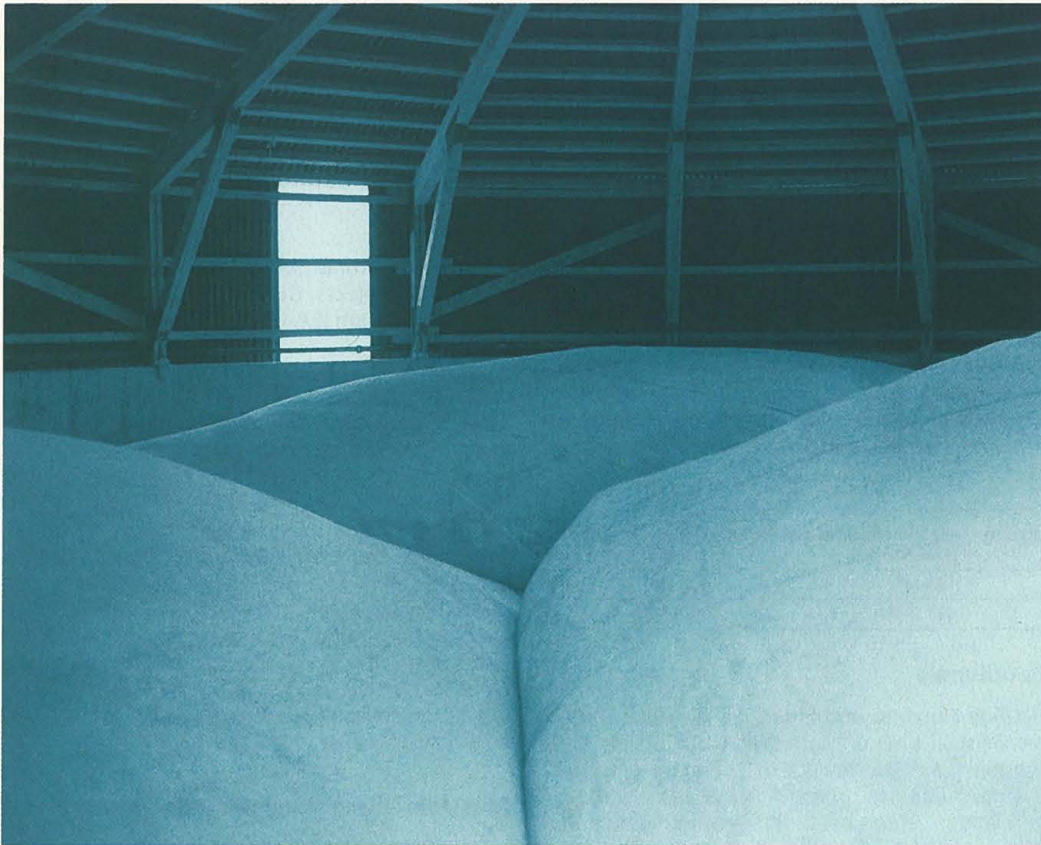
Biogasanlage auf einem landwirtschaftlichen Betrieb (oben). In Kläranlagen wird zunehmend anfallendes Klärgas mittels Blockheizkraftwerken in Strom und nutzbare Wärme umgewandelt (Mitte). Im Bild unten ein Feld mit Energiegras («China-Schilf»).



	Nutzung 1996	technisch nutzbares Potential	theoretisches Potential
Biogas			
– aus der Landwirtschaft	12 GWh	280 GWh	2300 GWh
– aus Haushalten, Gewerbe und Industrie	25 GWh	440 GWh	850 GWh
Nachwachsende Rohstoffe	14 GWh	550 GWh	3300 GWh
Klärgas	290 GWh	560 GWh	700 GWh
Deponiegas	65 GWh	180 GWh	360 GWh
Abfälle aus der Landschaftspflege	0	50 GWh	150 GWh
Summe (gerundete Werte)	400 GWh	2000 GWh	7700 GWh

Energieertrag aus der Nutzung von Biomasse (in GWh, ohne Holz) 1996, technisch nutzbares und theoretisches Potential.

Politik: Die energetische Nutzung nachwachsender Rohstoffe ist ohne Flächenbeiträge nicht konkurrenzfähig, obwohl die Technologie weitgehend erprobt ist. Ob derartige Beiträge politisch möglich und WTO- respektive EU-kompatibel sind, ist eine landwirtschafts-, keine energiepolitische Frage. Eine energiepolitische Dimension hat dagegen die Benachteiligung nachwachsender Treibstoffe gegenüber Dieselöl und Benzin durch das Mineralölsteuergesetz: Die konventionellen Treibstoffe erfahren lediglich eine Umlagerung, indem die Steuer in etwa den früheren Einfuhrzöllen entspricht, während beispielsweise Rapsöl neu besteuert wird. Zudem erfolgt die Besteuerung über das Gewicht und nicht über den Energieinhalt, was wiederum die «Erneuerbaren» mit ihren relativ tiefen Heizwerten benachteiligt.



Leichtbau in der Biogasgewinnung:
Gasspeicher aus Kunststoff auf
einem Bauernhof.

Das Projekt **Energiegras/Feldholz** zeigte technische – aber keineswegs unüberwindliche – Schwierigkeiten beim Verbrennen von Pflanzen auf, beispielsweise das Verschlacken und Anbacken von Asche. Als ausgereift kann indessen die Technik der Vergärung in landwirtschaftlichen, kommunalen und industriellen Biogasanlagen gelten. Die Schwierigkeiten liegen bei diesem Verfahren in der mangelnden Wirtschaftlichkeit.

Markteinführung und Marktsicherung

Mittelfristig sind Finanzmittel der Forschung und der Entwicklung zugunsten einer Verbesserung der Marktfähigkeit der eingesetzten Technologien zu verlagern. Für quantitative Zielsetzungen ist es – mit Ausnahme der Beschleunigungsaktion *Energie aus Vergärung* – verfrüht.

– **Die Beschleunigungsaktion *Energie aus Vergärung*** (Energie 2000) hat zum Ziel, einen Jahresertrag von mindestens 20 GWh Elektrizität und 40 GWh Wärme zu generieren. Die Aktion rechnet zu diesem Zweck mit 12 kommunalen, 10 landwirtschaftlichen und 8 industriellen Anlagen, die zwischen 1990 und 2000 in Betrieb gehen. Die Finanzmittel für P+D-Anlagen helfen mit, wenn auch im bescheidenen Rahmen, diese Ziele zu erreichen. Erfahrungsgemäss lässt sich mit 100 000 P+D-Franken eine Jahresproduktion von ungefähr 100 MWh Elektrizität und 200 MWh Wärme auslösen.

– **Aus- und Weiterbildung, Vergärung:** Fortsetzung von Pacer-Kursen mit Defizitgarantien des BFE (sofern Bedarf).

Forschung, Pilot- und Demonstrationsanlagen

– **Vergärung, Schwerpunkt häusliche Abfälle:** Flaschenhalse bei der Realisierung von Anlagen beseitigen.

- **Vergärung landwirtschaftliche Abfälle:** Anlagekonzept modifizieren, um eine gemeinsame Vergärung von Mist aus grösseren Landwirtschaftsbetrieben und von Grünabfällen eines Einzugsgebiets mit bis zu 5000 Einwohnern zu ermöglichen. Mitfinanzierung einiger P+D-Anlagen.
- **Vergasung von Holz:** Evaluation bestehender Vergasersysteme, aber Zurückhaltung bei der Entwicklung neuer Systeme. Entwicklung oder Prüfung eines Systems zur Gasreinigung, allerdings erst nach Vorliegen der Resultate des laufenden EU-Projekts, in dem Gasreinigungssysteme messtechnisch bewertet werden (mit schweizerischer Beteiligung).
- **Vergasung von pulverisierter Biomasse:** Pfadsuche in einem Anwendungsgebiet, dessen Bedeutung noch offen ist (geringe Priorität).
- **Nachwachsende Rohstoffe** zur Wärme- und Stromerzeugung: Anwendung mit geringer Priorität, da bislang ungewiss ist, ob Ackerflächen im grösseren Ausmass überhaupt für eine energetische Nutzung freigestellt werden.
- **Verbrennung von pflanzlichen und tierischen** Abfällen aus der Landwirtschaft sowie Energiegras: Umsetzung des Projekts Energiegras/Feldholz, Realisierung einer Pilotanlage; (mittlere Priorität).

Organisatorisches: Der Bereich *Biomasse* arbeitet mit dem Ressort *Regenerierbare Energien* von Energie 2000 sowie der Beschleunigungsaktion *Energie aus Vergärung* eng zusammen. Programmatische Abstimmungen sind mit den Bereichen *Holz*, *Chemische und fossile Energieträger* und *Verkehr* notwendig. Auf Ämterebene sind Abgrenzungen zum BUWAL und zum BLW erforderlich. Einige Aktivitäten des Bereichs sind im IEA-Programm *Bioenergy Agreement* eingebunden. Der Bereich *Biomasse* ist der Sektion *Erneuerbare Energien* zugeordnet. Bereichsleiter ist Martin Hinderling, Tel. 031 322 56 42, Fax 031 323 25 00, E-mail martin.hinderling@bfe.admin.ch

Energie aus der Erde, aus Wasser und Wind

Geothermienutzungen, Kleinwasserkraftwerke und Windkraftanlagen liefern heute rund 890 GWh Elektrizität und Wärme – mehr als allgemein vermutet. Aufgrund ihres Potentials könnten alle drei Technologien eine bedeutendere Rolle in der schweizerischen Energieversorgung spielen. Dies gilt besonders im Hinblick auf die von Energie 2000 vorgegebenen Ziele zur Nutzung erneuerbarer Energien.

	Geothermienutzung (Wärme)	Kleinwasserkraftwerke ** (Elektrizität)	Windkraftnutzung (Elektrizität)
Installierte Leistung	125 MW *	133 MW	2,1 MW
Jahresertrag	250 GWh	633 GWh	2 GWh

Installierte Leistung und Jahresertrag in Anlagen zur Geothermie- und Windkraftnutzung sowie in Kleinwasserkraftwerken, 1996.

** Quellenleistung*

*** Anlagen bis 1 MW Leistung*

Geothermie

Heutige Nutzung und Potential: Als herausragendes Beispiel einer erfolgreichen Nutzung von Geothermie gilt die Heizanlage in Riehen mit einer geothermischen Leistung von 4,7 MW. Leider waren in den letzten Jahren bei tiefen geothermischen Versuchsbohrungen Fehlschläge oder nur Teilerfolge zu verzeichnen. Abschätzungen des Nutzungspotentials von warmem Tunnelwasser in bestehenden und geplanten Bauten, beispielsweise des Alptransits, sowie die Erfahrungen mit der ersten derartigen Anlage am Furka-Tunnel rechtfertigen indes weitere Aktivitäten innerhalb des Programms *Geothermie*. Zur Steigerung von Anlageleistungen werden Erdwärmesonden mit zunehmender Tiefe erstellt. Neue Technologien, darunter das sogenannte Hot-Dry-Rock-Verfahren, zeitigen ebenfalls ermutigende Resultate.

Markteinführung und Marktsicherung

- Technisch-wirtschaftliche Verbesserung konventioneller Anlagen mit Erdwärmesonden, insbesondere die Rationalisierung und damit eine Kostensenkung von Bohrungen.
- Tiefe Erdwärmesonden, damit Erdwärme direkt – das heisst ohne Wärmepumpen – nutzbar wird.
- Bewertung von Anlagen mit Energiepfählen (Messungen).
- Information potentieller Investoren über die Möglichkeiten von geothermischen Nutzungen; Adressaten: Kantone, Gemeinden, Generalbauunternehmen, Architekten und Ingenieure.

Pilot- und Demonstrationsprogramm

- Abteufung von Erdwärmesonden in bereits bestehende Bohrlöcher (zwei bis drei Anlagen).
- Drei bis vier Anlagen zur Nutzung von warmem Wasser aus bestehenden Eisenbahn- und Strassentunnels. Anwendbarkeit für zukünftige Anlagen im Rahmen von Alptransit prüfen.
- Messreihen an allen P+D-Projekten.
- Vorprojekt zur Realisierung einer Hot-Dry-Rock-Anlage in der Schweiz (basierend auf den guten Testresultaten im Elsass).
- Mitarbeit am Hot-Dry-Rock-Projekt der Internationalen Energie-Agentur (IEA).



Abteufen einer Erdwärmesonde vor einem Mehrfamilienhaus in Zürich (oben) und Teilansicht des Kleinwasserkraftwerkes in Hünenberg bei Zug (unten).

Forschung

- Im Vordergrund stehen die Fortsetzung des Schlüsselprojekts *Deep Heat Mining* und die Beteiligung am IEA-Projekt *Hot-Dry-Rock*.

Kleinwasserkraftwerke

Viele Massnahmen des Programms *Kleinwasserkraftwerke* sind mit den beiden gleichlautenden Projekten von Pacer und Diane verflochten und basieren auf den von diesen – und anderen Stellen – erarbeiteten Grundlagen. Dazu zählt beispielsweise das vom Bundesamt für Wasserwirtschaft erstellte Inventar stillgelegter Kleinwasserkraftwerke (KWKW). In den letzten Jahren ist ohne Zweifel eine Trendumkehr bei den KWKW, von der Stilllegung zur Reaktivierung, festzustellen, die nicht zuletzt auf die modifizierten Tarife zur Rückspeisung von Strom ins Netz der Elektrizitätswerke zurückzuführen ist.

Markteinführung und Marktsicherung

- Gründung eines *Forums für Wasserkraft* zur Verbesserung der Akzeptanz dieser Stromerzeugungstechnik in Politik, Wirtschaft und Gesellschaft sowie zur Förderung des Exports.
- Information und Beratung potentieller Investoren und Betreiber.
- Vorstudien zur Abklärung der Wirtschaftlichkeit, der wasserrechtlichen Verhältnisse und des Investitionsvolumens von reaktivierbaren KWKW.

Pilot- und Demonstrationsprogramm

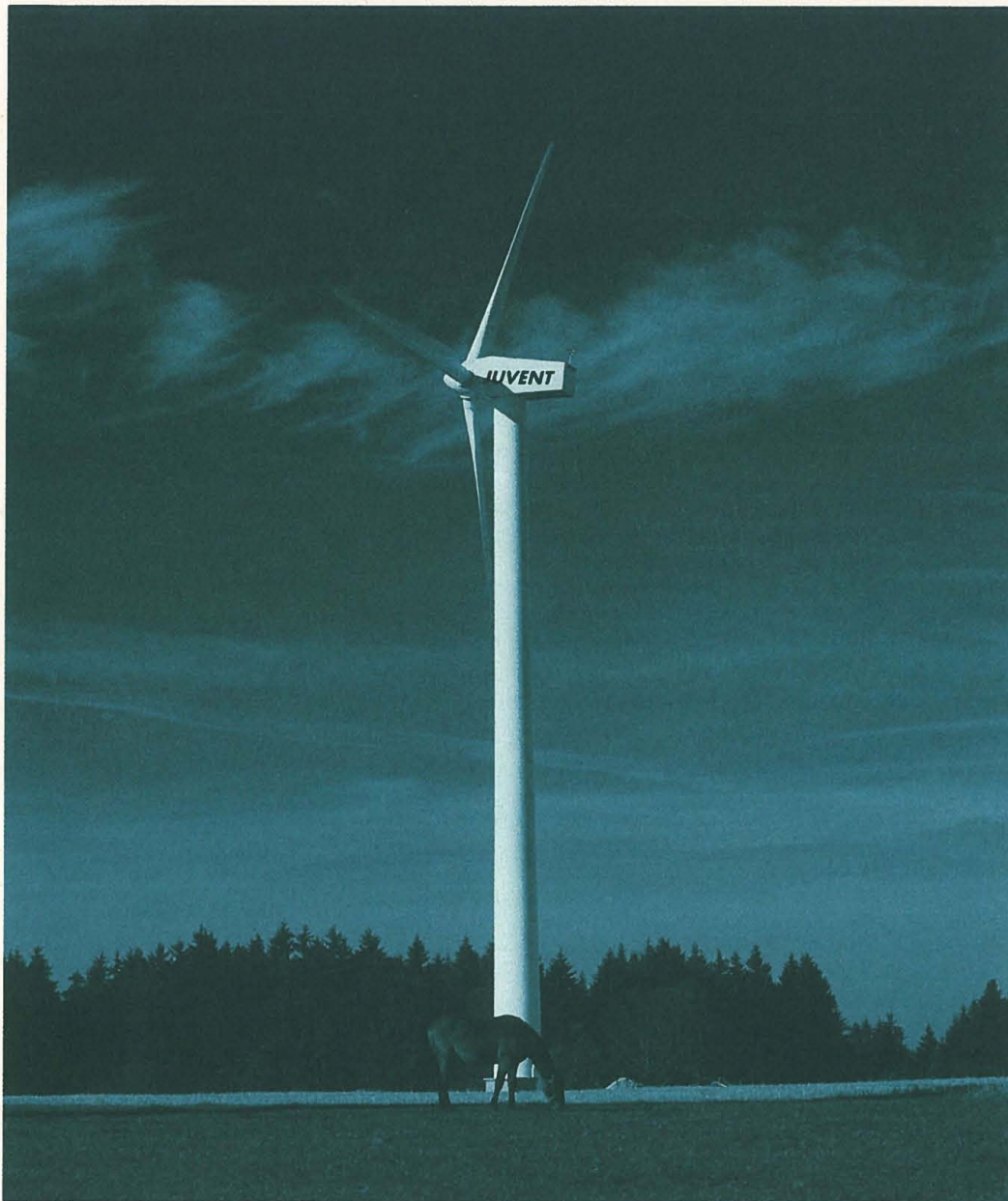
- Verbesserung der Wirtschaftlichkeit gefährdeter KWKW.
- Ultra-Niederdruck-Kraftwerke – beispielsweise zur hydraulischen Nutzung von Abwässern.
- Ersatz von Druckreduzierventilen in Trinkwassersystemen durch Kleinstturbinen (mit Umrichter-technologie sind auch drehzahlvariable Generatoren einsetzbar).
- Innovative Modelle für Trägerschaft, Betrieb, Unterhalt und Finanzierung von KWKW.
- Entwicklung von kostengünstigen Kleinstturbinen hoher Effizienz und grosser Zuverlässigkeit.
- Spezialanwendungen in Trinkwassersystemen.
- Kostengünstige Lösungen für den Landschaftsschutz und die Gewässerökologie (naturnaher Wasserbau, Schwemmgutbehandlung und Fischauftieghilfen).

Forschung

Angeichts der weit entwickelten und durchaus bewährten Technik ist Forschung im Programm *Kleinwasserkraftwerke* kein Thema.

Wind

Heutige Nutzung und Potentiale: Ende 1996 standen in der Schweiz elf Windkraftanlagen mit einer installierten Leistung von 2,1 MW in Betrieb; der veranschlagte Jahresertrag beläuft sich auf 2 GWh. 85 % dieses Ertrags – und der Leistung – entfallen auf die drei 600-kW-Anlagen auf dem Mont Crosin, die Elektrizität zu spezifischen Kosten von 30 Rp./kWh produzieren. Alle Windkonverter zu-



Elegante Technik in anmutiger Umgebung: Windkraftwerk auf dem Mont Crosin im Jura. Der imposante Windkonverter hat eine Nabenhöhe von 45 m und einen Rotor-Durchmesser von 44 m; die elektrische Leistung beträgt 600 Kilowatt. Zu dieser Anlage gehören zwei weitere baugleiche Konverter.

sammen schöpfen lediglich 0,1 % des Windkraftpotentials in der Schweiz aus, wie eine BFE-Studie belegt. Danach könnten jährlich 1600 GWh, entsprechend 3,5 % des Gesamtstromverbrauchs, aus Windkraft gewonnen werden – zu Kosten zwischen 15 und 40 Rp./kWh.

Markteinführung und Marktsicherung

- Unterstützung von Windkraftprojekten.
- Ausscheiden von Zonen zur Windkraftnutzung in kantonalen Richtplänen und in kommunalen Nutzungsplänen.
- Leitfaden *Windenergie*, mit Beiträgen zur Lösung des Konflikts Landschaftsschutz und Windkraftnutzung; als Arbeitsgrundlage für Bewilligungsbehörden und Anlageplaner und in Zusammenarbeit mit dem Forschungsprogramm «Energiepolitische Grundlagen».
- Datenbank zum Thema Windkraft, insbesondere mit Winddaten und Standortkriterien.
- Infostelle Wind in der Deutschschweiz und Eole Info in der Romandie.

Pilot- und Demonstrationsprogramm

- Besucherinfrastruktur auf Mont Crosin verbessern (auch Informationsmittel).
- Anlageprojekt auf dem Titlis (Ertrag 30 MWh pro Jahr).
- Standortbewertungen, in Zusammenarbeit mit privaten Investoren.
- Diskussionsforum *Windenergie*.
- Initiierung von bundeseigenen Anlagen (beispielsweise bei Bauten und Anlagen des EMD).
- Messungen an zehn Windkonvertern.

Forschung

- EU-Projekt WECO (Wind Energy in Cold Climate), in Kombination mit dem Projekt Titlis.

Organisatorisches: Der Bereich *Übrige Erneuerbare Energien* – umfassend die Programme *Geothermie*, *Kleinwasserkraftwerke* und *Wind* – ist der Sektion *Erneuerbare Energien* zugeordnet. Bereichsleiter ist Martin Brunner, Tel. 031 322 56 10, Fax 031 323 25 00, E-mail martin.brunner@bfe.admin.ch

Abwärme ist kein Abfall!

In Ländern mit hohem Technisierungsgrad in Industrie, Gewerbe und Dienstleistung liegen immense Abwärmepotentiale brach, die zu einem beachtlichen Teil wirtschaftlich ausgeschöpft werden könnten. In der Schweiz gilt dies ganz besonders für Abwärmeströme in Kraftwerken, in Kehrichtverbrennungs- und Abwasserreinigungsanlagen (KVA, ARA), in Industrie- und Dienstleistungsbetrieben. Die bislang vom BFE unterstützten Projekte nutzen ab der Jahrtausendwende 530 GWh Abwärme; 15 GWh Elektrizität sind dazu notwendig. Die Finanzhilfen des BFE lösen Investitionen von 150 Mio. Franken aus. Bei einem Wärmepreis von 5 Rp. je kWh und einem Kapitalzins von 5 % resultiert – ohne Teuerung – eine Amortisationsfrist von 6,5 Jahren.



Kehrichtverbrennungsanlage Turgi:
Einrichtung zur Nutzung von
Abwärme.

Markteinführung und Marktsicherung

- **1000 MW werden heute** an Abwärme genutzt; bis ins Jahr 2000 soll diese Leistung verdoppelt werden. Neue und modifizierte Anlagen in Industrie, Gewerbe, Dienstleistung und Landwirtschaft sollen ergiebige Abwärmeströme nutzen.
- **Die vom BFE direkt** geförderten Anlagen zur Abwärmenutzung sollen bis ins Jahr 2000 8,3 % – entsprechend 250 GWh Wärme pro Jahr – bzw. 37 % oder 110 GWh Elektrizität zu den Zielen von Energie 2000 beitragen und den CO₂-Ausstoss um 0,5 % reduzieren. (Die entsprechenden Ziele von Energie 2000 lauten: zusätzlich 3000 GWh Wärme und 300 GWh Elektrizität aus erneuerbaren Energien. Energie aus Kehricht gilt zur Hälfte als erneuerbar.)
- **Durch zunehmende Nutzung** von Abwärme soll der Gesamtnutzungsgrad der Endenergie zwischen 1990 und 2010 um 1 % steigen. Dies entspricht 2160 GWh pro Jahr.
- **Der CO₂-Ausstoss** ist bis ins Jahr 2010 – im Vergleich zu 1990 – um 10 % zu senken. Eine weitere Reduktion dürfte sich aufgrund der Klimaproblematik aufdrängen. Dieses Ziel ist nur durch eine konsequente Nutzung von erneuerbaren Energien und von Abwärme erreichbar.
- **Verzahnung der Fördermassnahmen:** Die Finanzhilfen des Bereichs Abwärme (direkte Förderung) ergänzen die indirekte Förderung durch Energie 2000. Dies gilt insbesondere für interessante Abwärmeprojekte industrieller Betriebe, die im Rahmen des Energie-Modells Schweiz «Energieziele» vereinbart haben (vormals EKV-Modell). Die Federführung liegt beim Ressort Industrie von Energie 2000.
- **In Zusammenarbeit** mit den Ressorts Dienstleistung, Gewerbe, Spitäler und Öffentliche Hand sind präzise fokussierte Beschleunigungsaktionen geplant. Beispiele: Abwärmenutzung in Hotels, zusammen mit dem Hotelierverein; Abwasser-WRG zur Wassererwärmung in Spitälern; Abwärmenutzung in Kunsteisbahnen: Möglichkeiten aufzeigen und ohne öffentliche Unterstützung geeignete Anlagen realisieren.
- **Kälte aus Wärme** durch Einsatz von Absorptionskälteanlagen: Potentiale orten, wegweisen. Pilot- und Demonstrationsprojekte unterstützen. Im Vordergrund stehen die Sommernutzung von KVA-Abwärme und die Abwärmenutzung in Industriebetrieben.

- **Direktnutzung** von Abwärme ohne Wärmepumpen respektive Abwärmenutzung zur Strom-einsparung bei der Wärmeerzeugung. Beispiel: In elektrisch beheizten Schwimmbädern und Gebäuden kann Abwärme Elektrizität substituieren.
- **Wärmetransformation**, beispielsweise nach den Prinzipien der Absorption und der umgekehrten Rektifikation, zur Temperaturerhöhung von Abwärmeströmen (Projekte identifizieren und fördern).
- **Pinch-Design-Methode** zur Optimierung von komplexen Systemen, vorab in der Industrie: Kurse und Tagungen initiieren, Analysen durchführen, Anlagen mit hoher Demonstrationswirkung realisieren.
- **Qualitätssicherung** durch konsequente Anwendung bester Technik: Bauherrschaften wird eine neutrale Grobbeurteilung – «Second Opinion» – offeriert, um ineffiziente Technologien wegzufiltern.
- **Marketing, Information:** Konzept erarbeiten und umsetzen.
- **Verbesserung der Evaluation** und der Grundlagen: Jahresdaten über die Abwärmenutzung mit der BFE-Statistik abstimmen; interessante Abwärmepotentiale in der Industrie lokalisieren und deren Wirtschaftlichkeit anhand eines Kriterienkatalogs bewerten.
- **Umweltmanagementsysteme** und Öko-Audit als Grundlage oder Auslöser für vertiefte Untersuchungen der betrieblichen Energieversorgung; Massnahmen zur Abwärmenutzung vermehrt gesamtheitlich betrachten, beispielsweise nach der Methode «Life Cycle Analysis».
- **Elektrizitätserzeugung** aus Abwärme mit niedrigen Temperaturen thematisieren (Rankine usw.)
- **Ressourcen generell sparen**, nicht nur Energie! Ein geringerer Verbrauch von Ressourcen, beispielsweise von Wasser, hat in der Regel eine Energieeinsparung zur Folge.

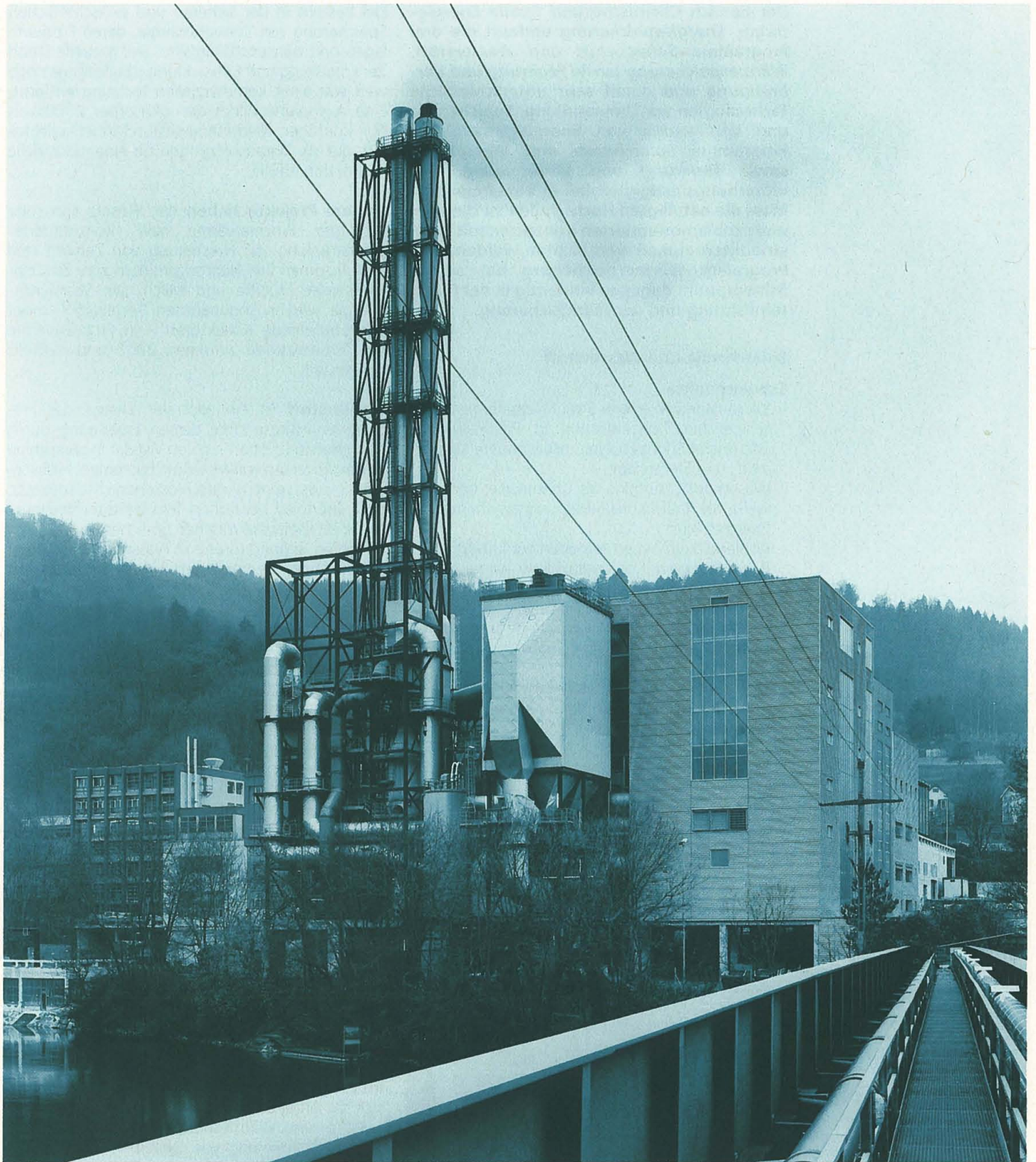
Prioritäten

Für die Zuteilung von Finanzhilfen gelten drei Prioritäten: Projekte zur Umsetzung von Forschungsergebnissen geniessen die höchste Priorität; neue Projekte für die Industrie, für ARA und KVA, für Spitäler, Gewerbe- und Dienstleistungsbetriebe sind zweiter Priorität; schliesslich, in dritter Priorität, Erweiterungen bestehender Fernwärmenetze und Sanierungen von Heizzentralen mit verstärkter Abwärmenutzung.

Abwärmenutzung: 6 Kriterien

Heute gelten zur Beurteilung von Projekten der Abwärmenutzung sechs Kriterien, wobei die fünf erstgenannten als spezifische Kennwerte eine eindeutige energie- oder volkswirtschaftliche Positionierung ermöglichen:

- Jährliche Einsparung an Elektrizität bzw. Wärme (MWh/a)
- Wärmegestehungskosten (Fr./kWh)
- Verhältnis von genutzter Abwärme zu eingesetzter Elektrizität
- Minderung des CO₂-Ausstosses (t CO₂)
- Zusätzliche Arbeitsplätze
- Multiplikationspotential



Eine vorbildliche Abwärmenutzung ist eines der Merkmale der Kehrichtverbrennungsanlage Turgi. Rechts im Bild sind die Rohre der Fernwärmeleitung sichtbar.

Organisatorisches: Der Bereich Abwärme arbeitet mit den Ressorts Industrie, Dienstleistung, Gewerbe, Spitäler und Öffentliche Hand von Energie 2000 zusammen. Das Forschungsprogramm des Bereichs Abwärme ist in das F+E-Programm Umgebungs- und Abwärmenutzung, Wärme-Kraft-Kopplung (UAW) integriert. Der Bereich Abwärme ist der Sektion Erneuerbare Energien zugeordnet. Bereichsleiter ist Martin Brunner, Tel. 031 322 56 10, Fax 031 323 25 00, E-mail martin.brunner@bfe.admin.ch

Produktion und optimierte Nutzung chemischer Energieträger

Der Bereich **Chemische und fossile Energieträger, Energiespeicherung** umfasst die drei Programme **Solarchemie und Wasserstoff, Wärmespeicherung sowie Feuerung und Verbrennung** und damit sehr unterschiedliche Technologien zur Umwandlung, Speicherung und Verwertung von Energieformen. Die Programme **Solarchemie und Wasserstoff** sowie **Feuerung und Verbrennung** sind «forschungslastig», wobei in zunehmendem Mass die beteiligten Hochschulen zu themen- und problemorientierten Kontakten mit Industrieunternehmen verpflichtet werden. Das Programm **Wärmespeicherung** hat seinen Schwerpunkt dagegen eindeutig in der Markteinführung und der Marktsicherung.

Solarchemie und Wasserstoff

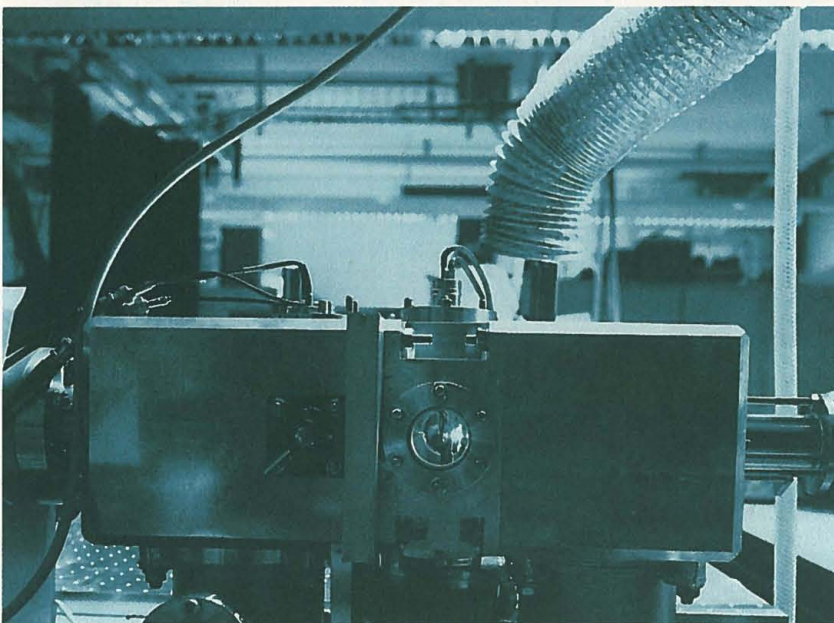
Schwerpunkte

- Konversion von solarer Strahlungsenergie unterschiedlicher Konzentration in Prozesswärme, chemische Energieträger, insbesondere Wasserstoff, und Elektrizität.
- Wasserstoff: Nutzung als Chemikalie, beispielsweise als Reduktionsmittel, und als chemischer Energieträger.
- Kohlendioxid: neue Methoden zur katalytischen Reduktion bzw. Kohlendioxid als Ausgangsstoff für wichtige Grundchemikalien wie Methanol.
- Materialwissenschaftliche Aspekte zur Charakterisierung von solarchemischen und wasserstofftechnologischen Vorgängen.

Priorität bei allen Aktivitäten haben Prozesse, die zukunftsfähig sind und eine rasche Markteinführung versprechen.

Das Programm **Solarchemie und Wasserstoff** befasst sich mit Verfahren zur Nutzung von solarer Strahlungsenergie und deren chemischen Umwandlung zu industriell verwendbaren Stoffen oder chemischen Energieträgern. Das eigentliche

Molekularstrahlapparat zur Produktion von Molekülen, wie sie in Flammen auftreten. Brennstoffe durchströmen bei einer Temperatur von 1800 °C ein Röhrchen, wobei kurzlebige Moleküle, sogenannte Radikale, auftreten. Diese Moleküle flüchten in ein Vakuum. Dadurch werden sie abgekühlt und stabilisiert, was ihre Untersuchung ermöglicht.



Ziel besteht in der sicheren und wirtschaftlichen Speicherung von Sonnenenergie, deren Produkte lager- und transportfähig sind. Der aktuelle Stand der Forschung und Entwicklung ist allerdings noch weit von einer kommerziellen Nutzung entfernt. Eine Ausnahme bildet der «Absorber 2000» als Teil künftiger Niedertemperatur-Sonnenkollektoren, der alle Voraussetzungen für eine industrielle Produktion erfüllt.

Andere Projekte haben den Einsatz von solar erzeugter Prozesswärme bzw. konzentrierter Solarstrahlung zur Herstellung von Zement und zum Trocknen von Nahrungsmitteln zum Ziel, beispielsweise Früchte und Milch. Die Strahlungsenergie wird in sogenannten Receivern – meist konzentrierende Kollektoren – in Prozesswärme mit Temperaturen zwischen 200° und 1200 °C konvertiert.

Wasserstoff ist ein zentrales Thema des Programms, insbesondere dessen Erzeugung durch solarchemische Spaltung von Wasser in reversiblen Redoxprozessen von Metalloxidsystemen. Im Eisenoxid-Zyklus, einem geschlossenen Kreisprozess, wird Eisenoxid bei hohen Temperaturen teilweise reduziert (solarthermischer Speicherprozess) und bei tiefen Temperaturen mit Wasser oxidiert, unter gleichzeitiger Trennung von Wasser in Sauerstoff und Wasserstoff.

Forschungsgruppen an den Universitäten Bern und Genf sowie an der ETH Lausanne untersuchen gemeinsam photoelektrochemische Prozesse, in denen bei Raumtemperatur unter Einwirkung von solarer Strahlungsenergie Wasserstoff erzeugt werden kann (Wasserspaltung). Die Resultate sind – insbesondere auch aus materialwissenschaftlicher Sicht – wichtig, obwohl die baldige Umsetzung zumindest heute noch offen ist (Spin-off-Funktion).

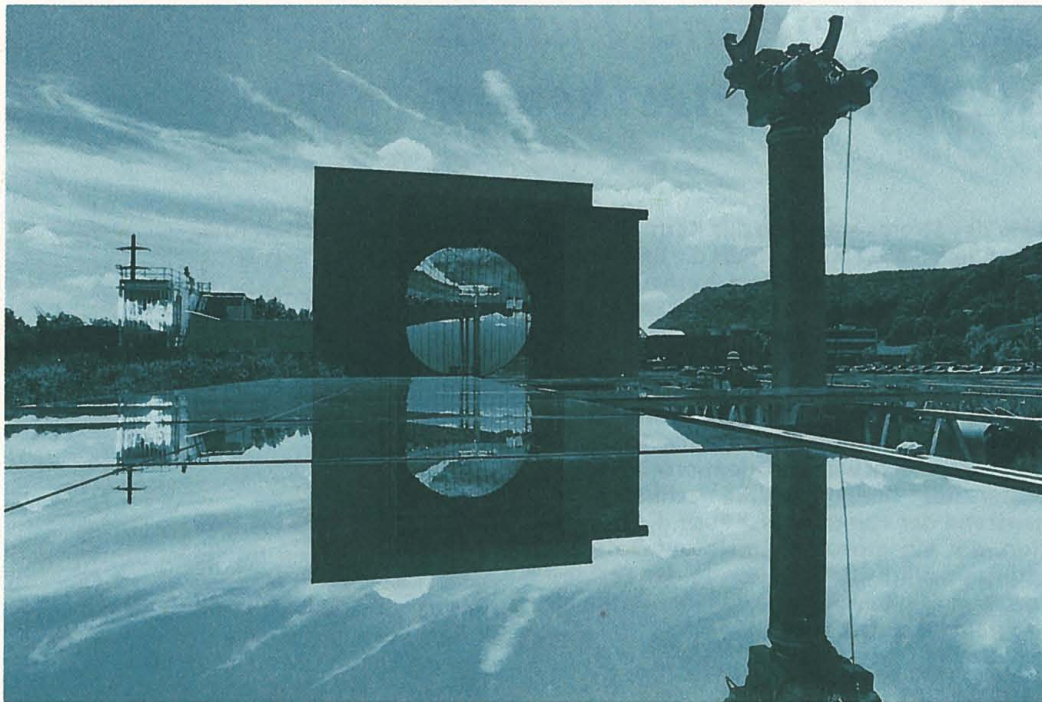
Ein wichtiger Weg zur Herstellung von Synthesegas – Kohlenmonoxid, Wasserstoff – als Ausgangsstoff für Grundchemikalien, wie Methanol oder Äthanol, öffnet sich durch Reduktion von Metalloxiden mit Methan. Diese mit Solarenergie betriebene Hochtemperaturchemie hat international beträchtliches Interesse geweckt, so dass zurzeit in Japan, Israel und USA Projekte laufen, die auf den Arbeiten des Paul Scherrer Instituts beruhen.

Wärmespeicherung

Im Programm **Wärmespeicherung** konzentrieren sich die Arbeiten auf:

- Kälte- und Wärmespeicherung mittels Erdsonden: Optimierung von Systemen und Komponenten für Neubauten und Sanierungen, mit oder ohne Wärmepumpen.
- Tankspeicher: Reduzierung der Exergie- und Energieverluste.
- Saisonwärmespeicher: Demonstration kostengünstiger Anlagen (zum Beispiel mit vertikalen Sonden).

Wasserspeicher für Einfamilienhäuser mit Sonnenkollektoren: Die Temperaturen liegen zwischen 10 ° und 100 °C, das Fassungsvermögen zwischen



Bereich Chemische und fossile Energieträger, Energiespeicherung

Der neue Solarofen am Paul Scherrer Institut in Villigen vermag Temperaturen von über 2000 °C zu erzeugen. Im Bild der 120 m² grosse liegende Flachspiegel.

0,5 m³ und 20 m³ und die Speicherzeiten zwischen einigen Stunden und einigen Wochen. Im Zentrum der Untersuchungen steht die exergetische Qualität der Speicher im Hinblick auf eine kombinierte Nutzung von Sonnenenergie zur Wassererwärmung und Heizungsunterstützung. Die Systeme sind bereits im Markt eingeführt oder stehen vor der industriellen Produktion, einige P+D-Projekte sind in Arbeit. Es sind erfolgreiche Beispiele eines direkten Technologie-Transfers.

Saisonspeicher für Solarwärme im Temperaturbereich zwischen 30 ° und 100 °C: Als Speicher dienen Gefässe oder Bassins mit Wasser. Eine grosse Anlage mit 1200 m² Sonnenkollektoren und 2500 m³ Speicherinhalt ging 1997 in Betrieb (Bundesamt für Statistik in Neuenburg).

Saisonspeicher mit Erdsonden: Dieser Erdspeichertyp wird seit zehn Jahren untersucht und verbessert. Er eignet sich für Temperaturen zwischen 5 ° und 30 °C, was einerseits – zur Wärmenutzung – den Einsatz einer Wärmepumpe erfordert, andererseits eine Kältenutzung möglich macht. Die Ladung erfolgt mit Abwärme im Sommer, die Entladung während der Heizperiode, jeweils über Erdsonden. Der Speicher arbeitet ohne Wärmeverluste. Dieses Speicherprinzip liegt vier grossen P+D-Projekten zugrunde (Hochschule St. Gallen, Firma Meister in Wollerau, Collège in Peseux und Tschaan in Buchrain). Eine vielversprechende, aber noch nicht umsetzungsreife Option bieten Speicher mit höheren Temperaturen (30 ° bis 80 °C), um Solarwärme – oder höherwertige Abwärme – zu speichern und diese ohne Wärmepumpe zu nutzen.

Feuerung und Verbrennung

Schwerpunkte

- Saubere Verbrennung: Laseroptische Messverfahren zur experimentellen und numerische Simulationen zur theoretischen Erfassung von Verbrennungsvorgängen.
- Schadstoffe: Grundlagen zu deren Analytik und Bildungsmechanismen erarbeiten.
- Neue Verbrennungstechnologien: Grundlagen und Systemaspekte bereitstellen (katalytische Verbrennung, Vormischverbrennung in Gastur-

binen, gestufte Verbrennung in Heizungen, Wirbelschichtfeuerung).

- Partnerschaftliche Zusammenarbeit zwischen Hochschulen und Privatwirtschaft fördern.
- Umsetzung von Forschungsergebnissen in P+D-Projekten – zusammen mit privatwirtschaftlichen Unternehmen – verstärken.

Vier Kompetenzzentren werden seit 1988 mit gezielten Forschungsprojekten gefördert: das ETH-Laboratorium für Verbrennungsmotoren und Verbrennungstechnik, das ETH-Laboratorium für Thermodynamik in neuen Technologien, das ETH-Institut für Verfahrens- und Kältetechnik sowie das Paul Scherrer Institut. Alle vier Zentren pflegen enge Industriekontakte, beispielsweise mit ABB, IVECO, Liebherr, SIG, New Sulzer Diesel, Opel, General Motors sowie der Brenner- und der Kesselindustrie. Die Kontinuität in der Hochschularbeit ist Basis für eine systematische Verwertung der Forschungs- und Entwicklungsergebnisse in der Privatwirtschaft.

Ziel dieser Forschung ist, die verschärften LRV-Vorschriften direkt durch die Verbrennungsführung zu erfüllen, das heisst ohne nachgeschaltete Fabrik (Katalysator oder Rauchgasreinigung).

P+D-Projekte: Resultate von Hochschulprojekten lassen sich meist nicht direkt in eine kommerzielle Produktion umsetzen. Für neue Projekte an den Kompetenzzentren werden Kontakte zur Industrie gefordert, um Firmen vermehrt am immensen Know-how der Hochschulen zu beteiligen. Insofern hat diese Zusammenarbeit P+D-Charakter. Typisches Produkt dieser Arbeitsweise ist der neue Novobloc-Brenner von Oertli.

Organisatorisches: Der Bereich *Chemische und fossile Energieträger, Energiespeicherung* betreut die drei Programme *Solarchemie und Wasserstoff*, *Wärmespeicherung* sowie *Feuerung und Verbrennung*. Der Bereich ist der Sektion *Forschungskoordination und Sonderbereiche* zugeordnet. Bereichsleiter ist Dr. Alphons Hintermann, Tel. 031 322 56 54, Fax 031 323 25 00, E-mail alphons.hintermann@bfe.admin.ch

Sicherheit und Fusion als Forschungsthemen

43 % des Stroms stammen aus Kernkraftwerken. Allein diese Zahl illustriert die Bedeutung der Kernkraft in der Schweiz. Kernenergie ist zudem eine Option der Stromerzeugung – auch in Zukunft. Daraus leiten sich die Forschungsschwerpunkte im Bereich Kernenergie ab: Die Sicherheitsforschung – sowohl die technisch-wissenschaftliche als auch die regulatorische – unterstützt den störungsfreien Betrieb und die sicherheitsorientierte Wartung bestehender Kernkraftwerke nachhaltig. Gegenstand der Forschung ist auch die Kernfusion, der ein grosses langfristiges Potential attestiert wird. Die Arbeiten in der Fusionsforschung sind ausnahmslos in internationale Programme eingebettet.

Kernspaltung

Annähernd zwei Fünftel des Stroms werden mit Energie aus Kernspaltung erzeugt – neben Wasserkraft die wichtigste Technologie der einheimischen Stromproduktion. Tatsächlich sprechen viele Vorteile für die Kernkraft, insbesondere die hohe Versorgungssicherheit. Denn Uran ist als Energierohstoff aufgrund des geringen spezifischen Volumens kostengünstig und krisensicher lagerbar. Hinsichtlich Luftreinhaltung schneiden Kernkraftwerke (KKW) besser ab als alle fossil befeuerten Anlagen. Nachteilig wirken sich betriebliche Risiken sowie Akzeptanzfragen bei der langfristigen Entsorgung radioaktiver Abfälle aus. Für beide Problemkreise sind Lösungen verfügbar, die durch Forschungsanstrengungen ständig aktualisiert werden. Einerseits soll damit für die bestehenden Werke – auch mit deren zunehmendem Alter – betriebliche Sicherheit garantiert werden, andererseits arbeiten weltweit Forscher an neuen Reaktorkonzepten, deren Auswirkungen bei schweren, hypothetischen Unfällen auf das KKW-Areal beschränkt bleiben.

Die Stellung der Kernspaltung gründet im Betrieb von Werken einerseits und in der energiepolitischen Bedeutung als Option andererseits; dies bedingt eine begleitende, vor allem sicherheitsorientierte Forschung sowohl für bestehende als auch für zukünftige Techniken. Die Beiträge der öffentlichen Hand sanken in den letzten zwölf Jahren um real 35 %, weitere Reduktionen sind geplant (Tabelle).

Technisch-wissenschaftliche Begleitforschung

Neben der technischen Sicherheit von Kernanlagen verfolgt die öffentlich geförderte Forschung Kontinuität in der Fachkompetenz. Im Zentrum stehen deshalb die Themen Technologie und Sicherheit von bestehenden und zukünftigen Reaktoren, Entsorgungstechnik sowie die Ausbildung von Fachleuten.

Schwerpunkte 1996 bis 1999

- Methodische Fragen zur Sicherheit schweizerischer Kernkraftwerke: Analyse hypothetischer Unfälle zur Ortung von Verbesserungsmöglichkeiten; Ermittlung von Sicherheitsreserven; Bestimmung der Restnutzungsdauer wichtiger Komponenten; Minderung der Kontamination des Reaktorkreislaufes; Reduktion der Strahlenbelastung des Betriebspersonals; Untersuchungen zum Verhalten von Brennelementen bei Nachbestrahlung.
- Entsorgung radioaktiver Abfälle – auch aus Medizin, Forschung und Industrie: Langzeitverhalten von Behältern und Bauten zur Einlagerung; Modellierung, Simulation und Überprüfung des Transportes von Nukliden aus einem Endlager im Tiefengestein bis an die Oberfläche; Charakterisierung von Endlager-Standorten; Stilllegung, Abbruch und Entsorgung nuklearer Einrichtungen.
- Vorausschauende Forschung: Beteiligung an internationalen Forschungsprojekten für fortgeschrittene Reaktortypen und Brennstoffkreisläufe.

Regulatorische Sicherheitsforschung

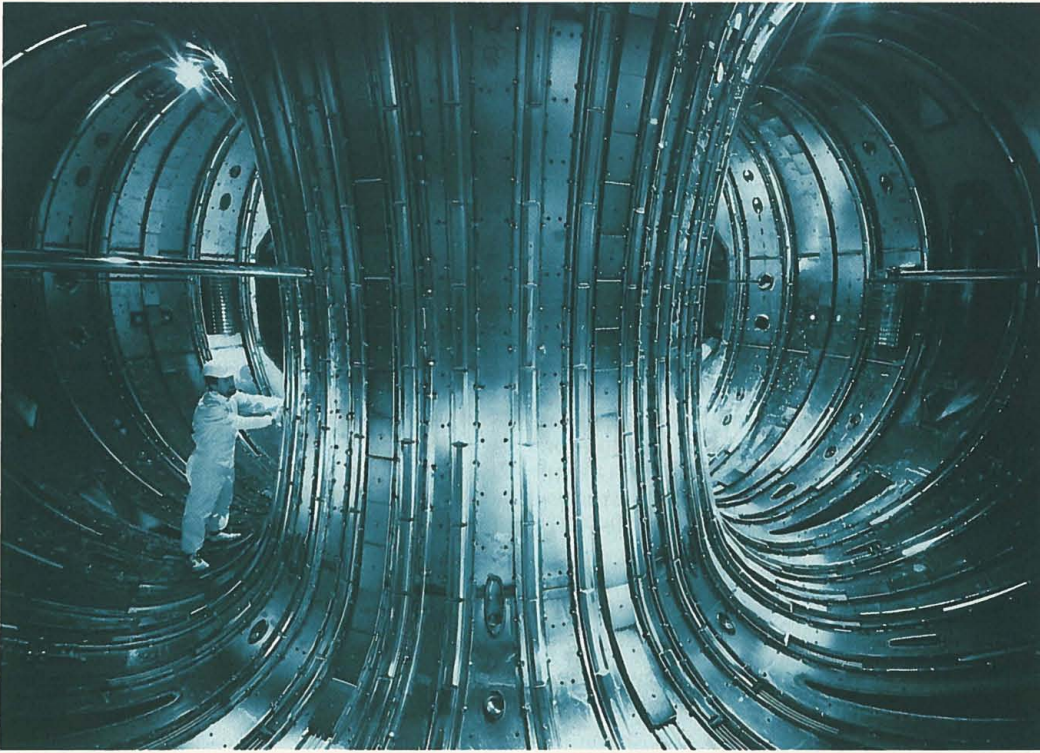
Der aktuelle, weltweit anerkannte Stand von Wissenschaft und Technik ist der Massstab zur Überprüfung schweizerischer Kernanlagen hinsichtlich ihrer Sicherheit. Die regulatorische Sicherheitsforschung liefert der zuständigen Behörde, der Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen des Bundesamtes für Energie (HSK), unabhängige Entscheidungsgrundlagen.

Die Schwerpunkte der Jahre 1996 bis 1999 umfassen folgende Themen: Verhalten von Kernanlagen bei Störungen, Alterung und schweren Unfällen; Strahlenschutz und radioaktive Abfälle.

Forschungsgebiet	Stand 1995		Richtwert für 1999	
Reaktorsicherheit	23,9 Mio. Fr.	68 %	15,0 Mio. Fr.	50 %
Radioaktive Abfälle und deren Entsorgung	6,3 Mio. Fr.	18 %	7,5 Mio. Fr.	25 %
Vorausschauende Forschung	4,9 Mio. Fr.	14 %	7,5 Mio. Fr.	25 %
Summe Kernspaltung	35,1 Mio. Fr.	100 %	30 Mio. Fr.	100 %
Plasmaphysik, Heizmethoden	16,9 Mio. Fr.	67 %	12,6 Mio. Fr.	63 %
Fusionstechnologie (Supraleitung usw.)	3,3 Mio. Fr.	13 %	2,8 Mio. Fr.	14 %
Trägheitsfusion	0,7 Mio. Fr.	3 %	0,6 Mio. Fr.	3 %
Beiträge an Euratom, JET und NET*	4,3 Mio. Fr.	17 %	4,0 Mio. Fr.	20 %
Summe Kernfusion	25,2 Mio. Fr.	100 %	20 Mio. Fr.	100 %
Summe Kernenergie total	60,3 Mio. Fr.		50 Mio. Fr.	

Aufteilung der Forschungsgelder auf die Forschungsgebiete im Bereich Kernenergie, 1995 und 1999 (aktuelle Planung).

*Beiträge, die nicht in die Schweiz zurückfliessen.



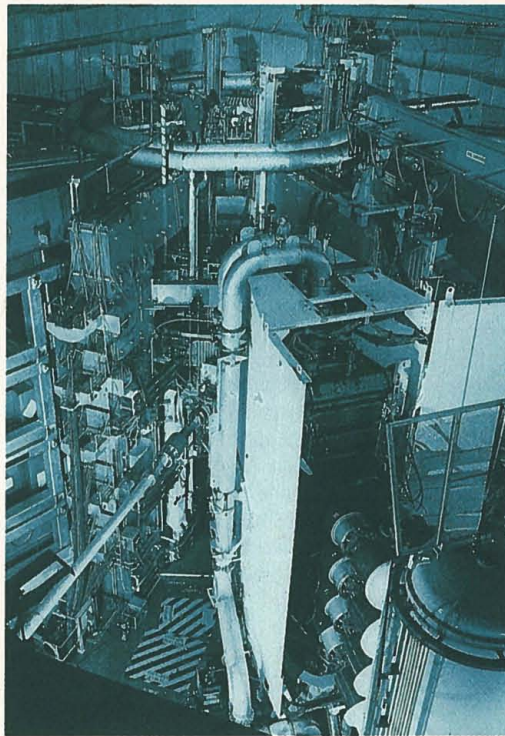
*Innenansicht einer Versuchsanlage
zur Kernfusion in England.*

Kernfusion

Kernspaltung ist nicht die einzige Kernenergie. Die Verschmelzung von Atomkernen, die sogenannte Kernfusion, ist energetisch noch ergiebiger als die Kernspaltung. An «Brennstoff» ist zudem kein Mangel: Wasserstoff eignet sich am besten für die Kernfusion und ist in praktisch unbegrenzten Mengen vorhanden. Schwieriger ist die Nutzung dieser Energiequelle. Kernspaltung kann bei Raumtemperatur erfolgen; für Kernfusion gilt dies nicht, dazu sind Temperatur- und Druckverhältnisse notwendig, wie sie im Innern von Sternen herrschen. Ohne Zweifel beinhaltet die Kernfusion ein riesiges Potential, über den Zeitpunkt zu dessen Ausschöpfung lassen sich heute allerdings noch keine verlässlichen Aussagen machen.

Fusionsforschung ist weitgehend Grundlagenforschung in der Plasmaphysik und Technologie-Entwicklung. Bis heute sind keine prinzipiellen Hindernisse zur kommerziellen Nutzung von Kernfusionen bekannt – das rechtfertigt entsprechende Anstrengungen. Tatsächlich wird weltweit an dieser Stromerzeugungstechnologie gearbeitet, grösstenteils durch internationale Forschungs- und Entwicklungsprogramme koordiniert. Dazu gehören das EU-Fusionsprogramm, in das die Schweiz integriert ist und in dessen Rahmen Versuchsanlagen geplant und realisiert werden (Joint European Torus, JET, und Next European Torus, NET). Die NET-Arbeiten sind wiederum Teil des ITER-Projektes, in dem unter Federführung von Euratom, Japan, Russland und den USA ein Fusionsreaktor gemeinsam entwickelt wird. (ITER steht für International Thermonuclear Experiment Reactor.) Der ITER-Reaktor soll die technische Machbarkeit und die Sicherheit der kontrollierten Kernfusion aufzeigen.

Angesichts der Langfristigkeit der Fusionsforschung ist es angezeigt, die forschungs- und energiepolitische Dimension des Vorhabens – und demzufolge auch das finanzielle Engagement – ständig zu überprüfen.



*Aussenansicht einer experimentellen
Anlage zur Kernfusion.*

Die Schwerpunkte 1996 bis 1999: Theoretische und experimentelle Studien zum Magneteinschluss; Entwicklung von Generatoren zur Hochfrequenzheizung des Plasmas; Weiterentwicklung von Hoch-Magnetfeld-Materialien und Magnetspulentechnologie; Aufklärung der Mechanismen von Material-Strahlenschäden; Studien zur Wechselwirkung zwischen dem Plasma und der umgebenden Wand.

Organisatorisches: Der Bereich Kernenergie (Kernspaltung und Kernfusion) ist der Sektion Forschungskoordination und Sonderbereiche zugeordnet. Bereichsleiter ist Dr. Christophe de Reyff, Tel. 031 322 56 66, Fax 031 323 25 00, E-mail christophe.dereyff@bfe.admin.ch

Vorteile mit elektrochemischen Wandlern

Akkumulatoren und Brennstoffzellen – zwei «alte» Technologien, die grosse Erwartungen wecken. Vieles weist darauf hin, dass diese Stromerzeuger und verbesserten Speicherelemente in einigen Jahren im industriellen Massstab produziert und eingesetzt werden können (bei gewissen Produkten ist dies bereits heute der Fall). Bei der Brennstoffzelle geht es um die saubere und lautlose Stromproduktion mit optimiertem Wirkungsgrad, bei den Akkumulatoren um die Erhöhung der Leistungsdichte; bei beiden um die Reduktion der Herstellungskosten.

Beim anstehenden Schritt von der Forschung in die Praxis bemüht sich das BFE aktiv um eine enge Zusammenarbeit mit der Industrie. Durch die Strategie, möglichst auf bestehenden Patenten aufzubauen, konnten Schutzrechtsprobleme bisher vermieden werden. Die laufenden und geplanten Projekte werden in vier Kategorien unterteilt: Entwicklung zu 100 % in der Schweiz; Entwicklung von Systemen mit Schlüsselementen aus dem Ausland; Entwicklung nur der Schlüsselemente in der Schweiz; Demonstrationsanlagen mit innovativer ausländischer Technik.

Brennstoffzellen

Der Technik, in Brennstoffzellen auf elektrochemischem Wege Strom und Wärme zu erzeugen, wird ein grosses Zukunftspotential attestiert. Ist heute in der Schweiz erst eine grössere Anlage mit 200 kW elektrischer Leistung in Betrieb, wird bis in 10 Jahren die Installation von Systemen mit einer kumulierten Leistung von 10 MW angestrebt. Bis in 20 Jahren könnten Brennstoffzellen bereits 1 GW leisten. Die Möglichkeit, Erdgas als Brennstoff zu verwenden, gehört zu den Pluspunkten dieser Technologie. Weitere Vorteile der Brennstoffzelle sind die hohe Brennstoffausnutzung, die Lautlosigkeit und Vibrationsfreiheit im Betrieb sowie die Tatsache, dass bei der Energieerzeugung anders als in Feuerungsanlagen und Verbrennungsmotoren kein Stickoxid entsteht.

Drei Brennstoffzellentypen werden in der Schweiz erprobt (Tabelle). Als Brennstoff wird bevorzugt Erdgas eingesetzt; bei der Phosphorsäure-Brennstoffzelle laufen auch Versuche mit Biogas. Im internationalen Vergleich sehr gut positioniert ist die Schweiz bei der keramischen Brennstoffzelle. Das Hauptproblem dieses Zellentyps (betreffend die Integration des Wärmetauschers) konnte gelöst werden: Die metallenen Verbindungsstücke zwi-

schen den einzelnen Zellen werden durch ein thermisches Spritzverfahren so mit Keramik beschichtet, dass sie trotz hoher Betriebstemperatur vor Korrosion geschützt sind.

Der anvisierte Markt sind Haushalte und Gewerbebetriebe mit Erdgasanschluss, die Strom und Wärme dank kleiner, in der Regel mit einem Gasheizkessel kombinierter Aggregate dezentral und zu wirtschaftlichen Bedingungen erzeugen wollen. Bis 2003 strebt Sulzer Hexis die Serienproduktion an. Zwischen 2005 und 2015 sollen 200 000 Brennstoffzellen-Einheiten mit 5 kW elektrischer Leistung installiert werden (1 GW).

Akkumulatoren

Bis zu unglaublichen 10 000 Franken kostet die durch Akkumulatoren erzeugte Kilowattstunde Strom. Für Rationalisierungsmassnahmen bestehen deshalb starke Anreize. In Abstimmung mit dem Forschungsprogramm «Transport» ist das Ziel die Entwicklung leichter Akkumulatoren, die sich schnell aufladen lassen, einer grossen Anzahl von Lade-Entlade-Zyklen standhalten, eine hohe Leistung in der Anlaufphase erbringen und nur einen Bruchteil soviel kosten wie die damit ausgerüsteten Fahrzeuge.

Im Brennpunkt stehen folgende Entwicklungen:

- Reduktion der Elektrodenmasse bei den Blei-Akkumulatoren, dem wirtschaftlichsten und am häufigsten eingesetzten Akkumulatoren-Typ.
- Ladegeräte mit intelligenter Steuerung, die universell einsetzbar sind, ein schnelles Aufladen ermöglichen und strengen Sicherheitsanforderungen genügen.
- Basismodule verschiedener Akkumulatoren mit den Werten 12 V und 20 Ah für den Antrieb von Elektromobilen. Die Zink-Luft- und die Lithium-Ionen-Akkumulatoren weisen die höchste Leistungsdichte auf und werden deshalb besonders gefördert.
- Superkondensatoren für Lokomotiv-Antriebe.

Organisatorisches: Der Bereich Akkumulatoren, Brennstoffzellen ist der Sektion Forschungskoordination und Sonderbereiche zugeordnet. Bereichsleiter ist Dr. Léo Dubal. Tel. 031 322 56 44, Fax 031 323 25 00, E-mail leo.dubal@bfe.admin.ch

Bautypen von Brennstoffzellen und ihr Entwicklungsstand.

Brennstoffzellentyp	Industriepartner	Anlage	Entwicklungsstand
Phosphorsäure-Brennstoffzelle	Services Industriels Genève (SIG)	Leistung 200 kWe, Firma Onsi	Langzeit-Demo eines marktreifen Produkts mit 30 000 Betriebsstunden mit Erdgas (Juni 1997) Wirkungsgrad 40 %.
Keramische Brennstoffzelle	Städtische Werke Winterthur	Leistung 1 kWe, Firma Sulzer Hexis AG	Erdgasbetriebene Pilotanlage
Polymer-Brennstoffzelle	ATEL in Niedergösgen	Leistung 3,5 kWe, Firma Ballard	Luft-Wasserstoff-Pilotanlage Wirkungsgrad 43 %
	Ingenieurschule in Grenchen	0,1 kWe, Paul Scherrer Institut	«Powerpack» für Demonstrationszwecke

Bei den städtischen Werken in Winterthur ist eine keramische Brennstoffzelle als Pilotanlage in Betrieb, die Auskunft über Wirkungsgrad, Betriebssicherheit und Teillastverhalten liefert.



Neue Antriebe in leichteren Fahrzeugen halbieren den Verbrauch

Gut ein Drittel des schweizerischen Endenergieverbrauchs geht in den Verkehr, 55 % davon, entsprechend 45 Mia. kWh, verbraucht der motorisierte Individualverkehr. Auf den Güterverkehr entfallen 17 %. Die Einsparpotentiale sind erheblich, in allen Sparten des Verkehrs. Leichtere Personenwagen mit innovativen Antrieben beispielsweise benötigen lediglich 40 % des Treibstoffs eines typischen Neuwagens – 2,8 l statt 7 l Benzin auf 100 km.

Trotz effizienteren Motoren nimmt der Treibstoffverbrauch des motorisierten Individualverkehrs nur geringfügig ab, weil der Trend zu stärkeren und schwereren Fahrzeugen die Fortschritte in der Motorentechnik weitgehend kompensiert. Fahrzeuge mit Otto- oder Dieselmotoren verbrauchen im Mittel 8,4 l auf 100 km, bei neuen Autos beträgt dieser Wert nur 7 l. Prototypen des Pilot- und Demonstrationsprogramms weisen Verbrauchswerte zwischen 3 l und 5 l auf. Bei Versuchsfahrzeugen im Forschungsstadium liegen die Werte zwischen 2 l und 3 l, bei vergleichbaren Fahrzeugen mit Elektromotor liegen die Werte sogar um den Faktor 2 – 3 tiefer (ohne Berücksichtigung der Elektrizitätserzeugung).

Schwerpunkte: Zur Effizienzsteigerung verfolgt der Bereich Verkehr vier Ziele, wobei die beiden erstgenannten die Hauptstossrichtungen bilden:

- Reduktion des Fahrzeuggewichts – ohne Einbusse an Sicherheit
- Höherer Wirkungsgrad des Antriebs (Motor, Getriebe, Übertragung)
- Verbesserung des Strömungsbeiwerts (cw-Wert)
- Telematik und Verkehrsleitsysteme

Der Einfluss des Fahrzeuggewichts ist sehr gross – zwei Beispiele: Ein Minus von 100 kg spart während der Lebensdauer des Fahrzeugs 1300 l Treibstoff. Und: Eine mittlere Massenreduktion von 10 kg je Auto spart, bezogen auf die gesamte Fahrzeugflotte der Schweiz, rund 40 Mio. l Treibstoff pro Jahr.

Wirkungsgrade von heute gängigen und künftigen optimierten Antrieben

Antrieb mit	Wirkungsgrade von Antriebsketten optimiert	
Otto-Motor	15 bis 20 %	35 %
Diesel-Motor	17 bis 22 %	40 %
Hybrid in Serie	25 bis 30 %	40 %
Hybrid parallel	20 bis 30 %	40 %
Elektroantrieb	40 bis 60 %	90 %
Brennstoffzelle	30 bis 50 %	80 %

Verbrennungsmotoren müssen vor allem in ihrem Teillastverhalten verbessert (Reduktion der Drosselverluste, aufgeladene Systeme) oder in andere Antriebskonfigurationen eingebettet werden, zum Beispiel in Hybrid-Antriebe – parallel oder in Serie zu einem Elektromotor – oder in Antriebe mit Zwischenspeichern. Elektromotoren schneiden diesbezüglich besser ab, da Wirkungsgrad und Drehmoment über den ganzen Drehzahlbereich konstant hoch sind. Weitere Vorteile: die elektromechanischen Wandler weisen tiefe Schall- und keine direkten Schadstoff-Emissionen aus. Nachteilig wirken sich die geringen Reichweiten aus, was mit der stark begrenzten Speicherkapazität marktfähiger Batterien zusammenhängt. (Die Verbesserung von Batterie-Technologien obliegt dem Bereich **Akkumulatoren, Brennstoffzellen**.)

Das Pilot- und Demonstrationsprogramm «Leichtmobile» hat zwei Schwerpunkte:

- **Flottenversuch mit Leicht-Elektromobilen (LEM)** in Mendrisio: Demonstration der Alltagstauglichkeit von LEM; Evaluation und Erprobung von zukunftsorientierten Mobilitätskonzepten; Entwicklung und Bewertung von Massnahmen zur Förderung von energieeffizienten und umweltfreundlichen Fahrzeugen.
- **Entwicklung hocheffizienter Komponenten** und Systeme für Leicht-Elektromobile und Fahrzeuge für spezielle Anwendungen: Die weltweiten Aktivitäten zur Verbesserung von Elektrofahrzeugen und der Grossversuch in Mendrisio beleben auch den Schweizer Markt. Im internationalen Vergleich darf den Schweizer Projektnehmern eine gute Position eingeräumt werden. Z.B. das hybride Dreirad *Twike*, die Kleinfahrzeuge *Horlacher*, *Esoro E301* und *H301* und das *Elektrovelo Flyer*, einzelne Komponenten und Systeme wie Antriebe, Räder, Ladeinfrastruktur und Fahrzeugelektronik zeigen eine Fülle von Innovationen.



Bild oben: Das Fahrzeug des Velo- und Auto-Kurierdienstes in Thun verbraucht bei einer Jahresleistung von 28 000 km lediglich 1680 kWh Elektrizität, die in einer Photovoltaik-Anlage gewonnen werden. Dies entspricht 6 kWh auf 100 km. Das *Twike* ersetzt ein konventionelles Fahrzeug mit einem typischen Verbrauch von 80 kWh auf 100 km.

Leichtelektrofahrzeug in preiswürdigem Design (links), High-Tech für das *Twike* (rechts): Einbau des Gestänges mit dem innovativen Pedalantrieb. Im *Twike* finden zwei Personen Platz.





Forschung: die wichtigsten Projekte

Modultec: Drei Partner arbeiten im Projekt Modul-technologie für Leichtmobile zusammen, die Firmen Horlacher AG und Esoro AG sowie die Ingenieurschule Brugg-Windisch. Ziel ist die Serienfertigung einer selbsttragenden, modular aufgebauten Kunststoffkarosserie, die um 200 kg leichter ist als eine vergleichbare Metallkonstruktion und eine rationelle Montage erlaubt. Die Struktur der Module und die Orientierung der Verbundfasern wird rechnergestützt optimiert.

Palos-Projekt der ETH Zürich: Mathematische Modelle erfassen die wesentlichen Parameter der Effizienz und der Schadstoff-Emissionen von Verbrennungsmotoren und ganzen Antrieben. Aus der Parameter-Studie entstehen verbesserte Lösungen, die in einer zweiten Phase auf Prüfständen validiert und in Fahrzeugen getestet werden. In diesem Projekt wurde auch ein dynamisches Modell der SAVE-Maschine erzeugt.

SAVE steht für Small Advanced Vehicle Engine und befasst sich mit der Optimierung eines aufgeladenen 4-Takt-Boxermotors mit 2 Zylindern für Kleinfahrzeuge. Das von der Wenko AG geführte Projekt, an dem die ETH Zürich beteiligt ist, zeigt erste Erfolge: Durch Steigerung des Drehmoments bei niedrigen Drehzahlen konnten die energieeffizienten Zonen im Kennlinienfeld erheblich ausgedehnt und dadurch der motorische Gesamtnutzungsgrad verbessert werden.

Im **Projekt Twin Trak** integriert die Firma Esoro AG einen parallelen Hybrid-Antrieb in das Testfahrzeug Esoro H301. Als thermischer Motor kommt eine nicht aufgeladene SAVE-Variante – ein sogenannter Sauger – zum Einsatz. Bei einer konstanten Geschwindigkeit von 90 km/h verbraucht das Auto 2,8 l Benzin, im Stadtverkehr mit elektrischer Traktion 14 kWh auf 100 km.

Nur einen Bruchteil der Energie brauchen Leichtelektromobile im Vergleich zu konventionellen Fahrzeugen: Auto mit Publikum an der «Tankstelle».

Organisatorisches: Der Bereich Verkehr arbeitet eng mit den angrenzenden Bereichen, dem Ressort Treibstoffe von Energie 2000 und dem NFP 41 des Schweizerischen Nationalfonds zusammen. Der Bereich beteiligt sich auch an mehreren internationalen Programmen:

- IEA-Annex Informations, Impacts and Lightweight Materials des Implementing Agreement Electric Vehicle.
- Program for Collaboration between Commission of the European Communities and National Programs on Electric Vehicles in Europe, einem EU-Forschungsprogramm innerhalb von Joule II.
- IEA-Programm Advanced Road Vehicle Technology.

Der Bereich Verkehr ist der Sektion *Forschungskoordination und Sonderbereiche* zugeordnet. Bereichsleiter ist Martin Pulfer, Tel. 031 322 49 06, Fax 031 323 25 00, E-mail martin.pulfer@bfe.admin.ch

Wege zur Abteilung Energietechnik

Adressen

Besuchsadresse:

Bundesamt für Energie
Monbijoustrasse 74
3003 Bern

Briefadresse:

Bundesamt für Energie
3003 Bern
Telefon 031 322 56 11
Telefax 031 323 25 00

Presse und Dokumentation:

Telefon 031 323 22 44
Telefax 031 323 25 10

Internet-Adresse:

<http://www.admin.ch/bfe>
E-mail für Bereichs- und Sektionsleiter:
vorname.name@bfe.admin.ch

Gebäudesysteme und -hülle

Hans-Peter Nützi
Telefon 031 322 56 49
Seiten 4 bis 7

Haustechnik HLK

Martin Stettler
Telefon 031 322 55 53
Seiten 4 bis 7

Solararchitektur und Tageslichtnutzung

Walo Luginbühl
Telefon 031 322 56 41
Seiten 4 bis 7

Warmwasser

Thomas Lang
Telefon 031 322 53 24
Seiten 4 bis 7

Elektrizität

Dr. Rolf Schmitz
Telefon 031 322 54 61
Seiten 8 und 9

Aus- und Weiterbildung

Daniel Brunner
Telefon 031 322 56 13
Seiten 10 und 11

Umgebungswärme, Wärmekraftkopplung

Fabrice Rognon
Telefon 031 322 47 56
Seiten 12 und 13

Aktive Solarenergienutzung

Urs Wolfer
Telefon 031 322 56 39
Seiten 14 und 15

Holz

Daniel Binggeli
Telefon 031 322 68 23
Seiten 16 und 17

Biomasse

Martin Hinderling
Telefon 031 322 56 42
Seiten 18 und 19

Übrige Erneuerbare Energien

Martin Brunner
Telefon 031 322 56 10
Seiten 20 und 21

Abwärme

Martin Brunner
Telefon 031 322 56 10
Seiten 22 und 23

Chemische und fossile Energieträger, Energiespeicherung

Dr. Alphons Hintermann
Telefon 031 322 56 54
Seiten 24 und 25

Kernenergie (Kernspaltung und Kernfusion)

Dr. Christophe de Reyff
Telefon 031 322 56 66
Seiten 26 und 27

Akkumulatoren, Brennstoffzellen

Dr. Léo Dubal
Telefon 031 322 56 44
Seiten 28 und 29

Verkehr

Martin Pulfer
Telefon 031 322 49 06
Seiten 30 und 31

Ergänzende Informationen

Wir arbeiten – mit Energie: so heisst die neue Firmenbroschüre des Bundesamts für Energie, welche die BFE-Aktivitäten in knapper und übersichtlicher Form darstellt. Das 12seitige Heft ist gratis unter der Bestellnummer 805.690d bei der EDMZ erhältlich (EDMZ, 3000 Bern, Fax 031 992 00 23). Die französischsprachige Fassung mit der Bestellnummer 805.690f trägt den Titel «L'énergie, notre préoccupation».

Die Broschüre *Öffentliche Energieforschung in der Schweiz* zeigt Forschungsergebnisse sowie die Forschungsstrategie für die nächste Zukunft auf. Sie ist gratis erhältlich in deutscher, französischer, italienischer und englischer Sprache bei ENET, Schachenallee 29, 5000 Aarau, Fax 062 834 03 23 oder bei ENET, Thunstrasse 115, 3000 Bern 16, Fax 031 352 77 56.

Vom vorliegenden Heft Bereichsprogramme *Energietechnik* ist eine französischsprachige Fassung erhältlich. Bezug unter der Bestellnummer 805.829f bei der EDMZ, 3000 Bern, Fax 031 992 00 23.