

# **Konzept der Energieforschung des Bundes 2000-2003**

ausgearbeitet durch die  
Eidgenössische Energieforschungskommission CORE

31. Mai 1999

---

# INHALTSVERZEICHNIS

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. BEDEUTUNG DES KONZEPTS .....</b>                                      | <b>5</b>  |
| <b>2. ABGRENZUNG UND UMFELD DER ENERGIEFORSCHUNG.....</b>                   | <b>6</b>  |
| 2.1 WAS BEDEUTET ENERGIEFORSCHUNG IN DIESEM KONZEPT ?.....                  | 6         |
| 2.2 POLITISCHE VORGABEN .....   | 7         |
| 2.3 RECHTLICHE GRUNDLAGEN.....  | 8         |
| <b>3. STAND DER ENERGIEFORSCHUNG IN DER SCHWEIZ.....</b>                    | <b>9</b>  |
| 3.1 ORGANISATION DER ENERGIEFORSCHUNG .....                                 | 9         |
| 3.2 UMFANG UND FLUSS DER FINANZMITTEL .....                                 | 12        |
| 3.3 BISHERIGE ERGEBNISSE .....  | 14        |
| <b>4. FORSCHUNGSZIELE UND -STRATEGIE.....</b>                               | <b>15</b> |
| 4.1 DIE MISSION DER ENERGIEFORSCHUNG .....                                  | 15        |
| 4.2 STRATEGISCHE ZIELE.....   | 15        |
| 4.3 LEITSÄTZE DER SCHWEIZER ENERGIEFORSCHUNG.....                           | 16        |
| <b>5. SCHWERPUNKTTHEMEN DER FORSCHUNG 2000-2003 .....</b>                   | <b>18</b> |
| 5.1 RATIONELLE ENERGIEENUTZUNG .....  | 19        |
| Gebäude, Verkehr, Elektrizität, WKK/Brennstoffzellen; Verbrennung; Prozesse |           |
| 5.2 ERNEUERBARE ENERGIEN .....  | 30        |
| Sonnenenergie; Umgebungswärme; Biomasse; Geothermie; Wind; Wasserkraft      |           |
| 5.3 KERNENERGIE .....   | 37        |
| Kernspaltung (Fission); Kernverschmelzung (Fusion)                          |           |
| 5.4 ENERGIEWIRTSCHAFTLICHE GRUNDLAGEN.....                                  | 41        |
| Energiepolitik; Ökonomie, Gesellschaft, Umwelt                              |           |
| <b>6. MITTELZUTEILUNG / PRIORITÄTSETZUNG 2000 - 2003 .....</b>              | <b>43</b> |
| 6.1 MITTELZUTEILUNG.....  | 43        |
| 6.2 HERKUNFT DER FÖRDERMITTEL.....  | 45        |
| <b>ANHANG 1 Die Eidgenössische Energieforschungskommission CORE .....</b>   | <b>46</b> |
| <b>ANHANG 2 Forschungsprogrammleiter.....</b>                               | <b>47</b> |
| <b>ANHANG 3 Abkürzungsverzeichnis .....</b>                                 | <b>48</b> |



## ZUSAMMENFASSUNG

Das Konzept ist Leitlinie für die Entscheidungsinstanzen des Bundes in der Energieforschung sowie Orientierungshilfe für kantonale und kommunale Stellen. Es dokumentiert, wie und mit welchen Mitteln die öffentliche Hand die Forschung einsetzt, um die energiepolitischen Ziele zu erreichen. Das Konzept detailliert zudem die in der bundesrätlichen "Botschaft über die Förderung von Bildung, Forschung und Technologie in den Jahren 2000-2003" umrissenen Aktivitäten in der Energieforschung.

Erläutert werden Grundlagen, Strategie und Umsetzung der Energieforschung. Dabei wird auch darauf geachtet, die Attraktivität und Wettbewerbsfähigkeit des Wissenschafts- und Technologiestandorts Schweiz zu sichern und zu stärken.

Die Schweizer Energieforschung verpflichtet sich einer nachhaltigen Entwicklung. Langfristiges Hauptziel ist eine massive Reduktion des CO<sub>2</sub>-Ausstosses, was auch die Hinwendung zur 2000 Watt-Gesellschaft beinhaltet. Dazu kommen der kurzfristige Bedarf zur Senkung der Schadstoffbelastungen durch Energiesysteme sowie Anstrengungen zu höherer Effizienz. Technischer Fortschritt allein genügt aber nicht zur Lösung dieser Aufgaben, auch sozioökonomische Belange haben zentrale Bedeutung.

Aus diesen Prämissen sind die Grundsätze der Schweizer Energieforschung abgeleitet. Ihre Prioritäten richten sich nach den längerfristigen Perspektiven, harmonisiert mit den europäischen und weltweiten Bestrebungen. Die Schweizer Energieforschung muss qualitativ hochstehend sein, dafür und für die nötige Kontinuität sind ausreichende Mittel zur Verfügung zu stellen.

Die Förderung der Energieforschung durch die öffentliche Hand hat sich als notwendiges Instrument erwiesen. Ihr Schwerpunkt liegt auf der anwendungsorientierten Forschung, mit Pilot- und Demonstrationsanlagen als unverzichtbarer Ergänzung. Das Konzept setzt in den vier Hauptbereichen folgende Prioritäten:

- Die **rationelle Energienutzung** ist in allen Gebieten zu fördern, schwergewichtig jedoch in Gebäuden und im Verkehr. Dazu gehören auch ein besseres Verständnis der Verbrennungsvorgänge sowie Effizienzsteigerungen bei der Anwendung von Elektrizität. Wichtig ist zudem die optimale Kombination von Wärme-, Kälte- und Stromproduktion (Wärme-Kraft-Kopplung) unter Einbezug der Umgebungswärme (Wärmepumpen).
- Die **erneuerbaren Energien** spielen dank Wasserkraft und Holz in der Schweiz bereits eine bedeutende Rolle. Ihre Anwendung ist zukünftig wesentlich zu verstärken. Ziele der Forschung sind insbesondere Kostensenkung und Wirkungsgraderhöhung bei Solarwärme, Umgebungswärme, Photovoltaik und Biomasse. Technologieförderung benötigen Geothermie, Wind und Kleinwasserkraft. Längerfristige Anwendungen sind in der Solarchemie (inkl. Wasserstoff) zu erforschen.
- Die **Kernenergie** wird unterteilt in Kernspaltung (heutige Kraftwerkstechnik) und Kernfusion (als langfristig mögliche neue Option). Schwerpunkte bei der Kernspaltung bilden die Sicherheitsforschung und die Entsorgung radioaktiver Abfälle. Bei der Fusion gilt es, mit unseren spezifischen Experimentieranlagen – im Rahmen internationaler Projekte – hochstehende Forschungsbeiträge zu erbringen.

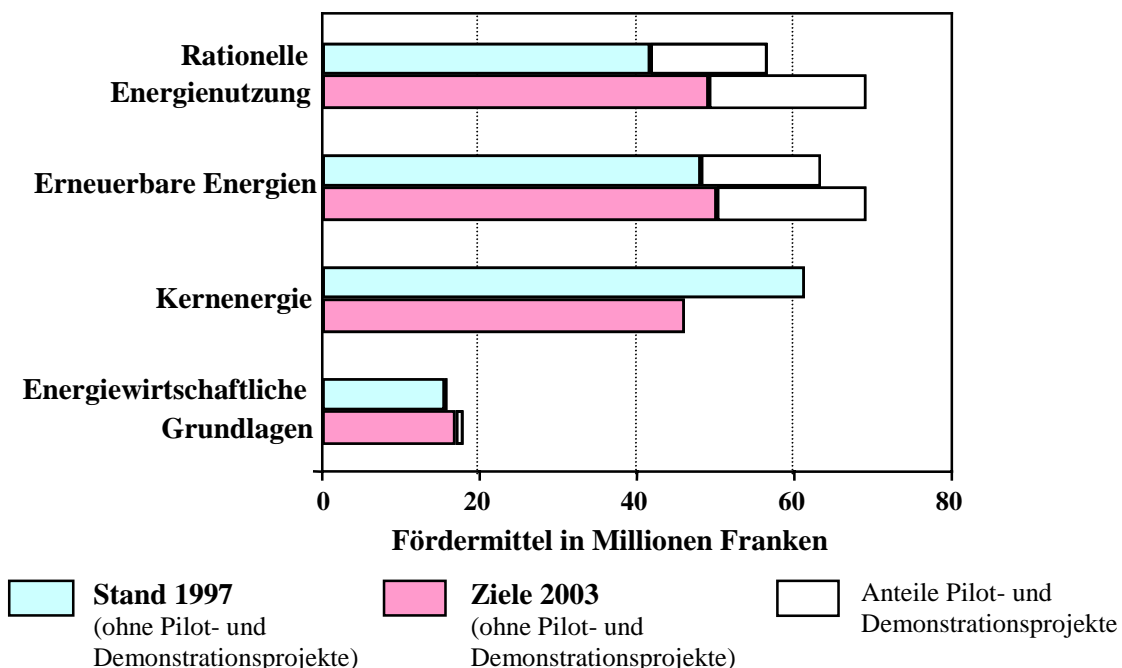
- **Energiewirtschaftliche Grundlagen** haben in erster Linie der Energiepolitik selbst zu dienen, mit der Abklärung von Szenarien, möglichen Massnahmen und ihren gesamtwirtschaftlichen Auswirkungen usw.. Die Forschung soll jedoch auch wirtschaftliche, ökologische und gesellschaftliche Konsequenzen von energietechnischen Innovationen untersuchen, um insbesondere Fragen der Akzeptanz zu beantworten. Zudem soll sie Beiträge liefern zum Technologie-Transfer von der Forschung in die Anwendung.

Koordination und Betreuung der öffentlich geförderten Energieforschung obliegen dem Bundesamt für Energie (BFE), das von der Eidg. Energieforschungskommission CORE beraten wird. Dazu gehören auch die Umsetzung der Forschungsergebnisse in die Praxis – unter anderem im Rahmen des Aktionsprogramms ENERGIE 2000 –, die Zusammenarbeit mit der energieforschenden Privatwirtschaft, die Anbindung an internationale Forschungsprojekte sowie die generelle Berichterstattung. Die bisherige Organisation hat sich bewährt. Sie soll auch nach der Reform der Bundesverwaltung – unter stärkerer Anknüpfung an die Arbeiten der Kommission für Technologie und Innovation (KTI) – beibehalten werden.

Der jährliche Aufwand der öffentlichen Hand für die Energieforschung hat seit 1992 um rund 40 Millionen Franken abgenommen. Er betrug 1997 noch 197 Millionen Franken. Darin sind auch Beiträge und Abklärungen an Pilot- und Demonstrationsprojekten (30 Millionen Franken) sowie alle entsprechenden Infrastrukturkosten enthalten. Die Fördermittel kamen zu 51% aus dem ETH-Bereich, zu 32% aus Bundesämtern, zu 14% aus Kantonen und Gemeinden und zu 3% vom Nationalen Energieforschungsfonds (NEFF). Es wird angestrebt, diesen Verteilschlüssel auch für die Periode 2000 bis 2003 in etwa beizubehalten. Der Gesamtumfang der Mittel soll jedoch angehoben werden auf rund 200 Millionen Franken pro Jahr, wobei der Ausfall des NEFF (er hat seine Aktivitäten 1998 eingestellt) insbesondere durch erhöhten Einsatz der Kantone im Fachhochschulbereich wettgemacht werden soll. Über die Verteilung der Mittel auf die vier Hauptbereiche der Forschung gibt untenstehende Grafik Auskunft.

**Jährliche Ausgaben der öffentlichen Hand für die Energieforschung 1997 und Zielvorstellungen für 2003 (Realwerte 1999).**

Zu den Mitteln der öffentlichen Hand werden Beiträge des Bundes, der Kantone und der Gemeinden gezählt. Detailangaben können der Tabelle Seite 44 entnommen werden.



# 1. BEDEUTUNG DES KONZEPTS

**Energieforschung ist ein Grundpfeiler der schweizerischen Energiepolitik.** 1984 hat der Bundesrat ein erstes "Konzept der Energieforschung des Bundes" gutgeheissen und zugleich das Bundesamt für Energie (BFE) mit der systematischen Planung und Koordinierung der Energieforschung der öffentlichen Hand betraut.

1986 setzte das damalige Eidgenössisches Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement die CORE – Commission fédérale pour la Recherche Energétique – als beratendes Organ für die Energieforschung ein. Zu den Aufgaben der Kommission gehört unter anderem, das Energieforschungskonzept des Bundes regelmässig zu überprüfen und den neuesten Entwicklungen anzupassen. Bei der vorliegenden Version handelt es sich um die vierte Überarbeitung.

Energieforschung ist heute in allen Industriestaaten selbstverständlicher und integrierter Bestandteil der Energiepolitik. Dies ergibt sich einerseits aus der **Langfristigkeit der Investitionen**: Die Nutzungsdauer von Energieanlagen beträgt oft Jahrzehnte (z.B. Wasser- und Kernkraftwerke, Gebäudesektor). Andererseits erschweren oder verunmöglichen die **niedrigen Preise herkömmlicher Energieträger** die rasche Einführung neuer Techniken. Zudem hängt deren Einführung von Faktoren ab, die sich nur schwer voraussagen lassen: **ökonomische, politische und soziale Gegebenheiten**, Einsicht und Flexibilität von Institutionen und Administrationen, Akzeptanz in der Bevölkerung sowie Wechselwirkung zwischen verschiedenen Technologien. Die Privatwirtschaft – welche zunehmend auf kurzfristige Rentabilität ausgerichtet ist – stuft deshalb die alleinige Forschung und Entwicklung im Energiesektor als zu riskant ein. Daher **erweist sich auch bei uns die Förderung der Energieforschung durch die öffentliche Hand als richtig und wichtig**. Nur in gemeinsamer Anstrengung von Privatwirtschaft und öffentlicher Hand kann die angestrebte Beschleunigung in der Erarbeitung und Umsetzung neuer Energietechnologien realisiert werden. Denn neueste Erkenntnisse belegen klar, dass die in den kommenden 20 Jahren in industrialisierten Ländern eingeführten Energietechniken entscheidend sind für deren langfristige weltweite Verbreitung.

**Das vorliegende Konzept gilt für die Periode 2000 bis 2003.** Es detailliert die Angaben, welche in der bundesrätlichen "Botschaft über die Förderung von Bildung, Forschung und Technologie in den Jahren 2000-2003" beschrieben sind. Eine noch weitergehendere Detaillierung findet sich in den Teilkonzepten, welche von den Programmleitern des BFE zu den einzelnen Forschungsthemen erstellt werden.

**Das Konzept ist ein Planungsinstrument für die Entscheidungsinstanzen** des Bundes – wie BBT, BFE, ETH-Rat, etc. Zudem soll es Orientierungshilfe für kantonale und kommunale Stellen sein, welche mit der Umsetzung der energiepolitischen Vorgaben betraut sind. Des weitern orientiert es die interessierten Forschungsstellen darüber, in welchen Bereichen neue Aktivitäten geplant sind; in diesem Sinn ist es **auch eine Ausschreibung für das Einreichen von Forschungsarbeiten**.

**Schliesslich dokumentiert das Konzept, wie und mit welchen Mitteln die öffentliche Hand in der Schweiz die Energieforschung einsetzt, um die energiepolitischen Ziele zu erreichen.**

## 2. ABGRENZUNG UND UMFELD DER ENERGIEFORSCHUNG

### 2.1 WAS BEDEUTET ENERGIEFORSCHUNG IN DIESEM KONZEPT ?

Energieforschung umfasst im weitesten Sinn die Erarbeitung und Umsetzung wissenschaftlicher, technischer, wirtschaftlicher und gesellschaftspolitischer Erkenntnisse, welche dazu dienen können, den heutigen und zukünftigen Energiebedarf einerseits möglichst tief zu halten und diesen andererseits auf wirtschaftliche, umweltverträgliche und effiziente Weise zu decken.

Die Förderung der Energieforschung der öffentlichen Hand überdeckt nahezu das gesamte Spektrum von der Grundlagenforschung bis zur Markteinführung. Der Schwerpunkt liegt jedoch bei der anwendungsorientierten Forschung: **Die Ergebnisse sollen sich in einem Produkt, einer Energieumwandlungsanlage, in der Verbesserung bestehender Massnahmen oder Verfahren etc. niederschlagen.** Deshalb ist Energieforschung nie reine Grundlagenforschung. Im Stadium der Grundlagenforschung können sich aber durchaus schon Anwendungen in der Energietechnik abzeichnen, womit solche Bereiche bereits der Energieforschung zugerechnet werden können. Sogar Demonstration und Entwicklung von Verfahren und Anlagen können sich mit der Grundlagenforschung überlappen. Beispiele sind Kernfusion und Solarchemie, deren Endergebnisse noch ungewiss sind, die aber nur anhand von Pilotprojekten Fortschritte versprechen. Auf anderen Gebieten, etwa der Entwicklung von Solarzellen, bestehen zwischen der Weiterentwicklung bestehender Produkte und der begleitenden Grundlagenforschung enge Wechselwirkungen.

**Ein unverzichtbarer Teil der Energieforschung sind Pilot- und Demonstrationsprojekte;** sie beschleunigen die Umsetzung von Forschungsergebnissen in die praktische Anwendung. Wegen ihrer Marktnähe ist die finanzielle Beteiligung der Industrie eine notwendige Voraussetzung für die Gewährung von Mitteln der öffentlichen Hand. Diese Beteiligung veranlasst die Unternehmen zur kritischen Auseinandersetzung mit dem Vorhaben und erhöht somit die Aussichten auf eine selbständige Weiterführung des Technologietransfers durch die Wirtschaft. Dasselbe gilt grundsätzlich auch für Beiträge zur forschungsnahen Produktentwicklung.

Schliesslich **beinhaltet auch die Markteinführung oft Forschungsaspekte.** Vor allem sind es Fragen zu Akzeptanz, Umwelteinflüssen und wirtschaftlicher Einbettung sowie sozialwissenschaftliche Probleme, welche die technischen Fragestellungen ergänzen müssen.

**Technische Fortschritte allein genügen aber nicht, um energiepolitische Ziele zu erreichen.** Vielmehr bedarf es dazu bestimmter einzelwirtschaftlicher Entscheidungen, die auch von andern politischen Massnahmen beeinflusst werden. Die Energieforschung muss deshalb auch die Verbindungen und gegenseitigen Abhängigkeiten – etwa Energiebedarf und Umweltbelastungen des Strassenverkehrs und der Landwirtschaft, oder Auswirkungen der Raumplanung auf den Energiebedarf mit berücksichtigen.

**Energieforschung ist ihrer Natur nach interdisziplinär** – sie vereint Ingenieurdisziplinen wie Maschinenbau und Elektrotechnik mit Physik, Chemie, Werkstoffwissenschaften, Biologie, Systemtheorie und Informatik sowie Ökonomie, Ökologie, Politologie und Soziologie. Daraus resultieren oft Synergien zum Nutzen der Energieforschung – insbesondere in der Schweiz, weil sich hier in Anbetracht der beschränkten Mittel vielfach nicht nur dieselben Institute, sondern auch dieselben Personen mit Energieforschung und zugleich mit Forschung in anderen Gebieten befassen.

## 2.2 POLITISCHE VORGABEN

### GENERELLES UMFELD

Der heutige Energiebedarf wird grösstenteils durch nicht erneuerbare Ressourcen gedeckt. Die konventionellen Nutzungstechniken verursachen zudem lokale und globale Umweltbelastungen. Die Suche nach neuen, auf Nachhaltigkeit ausgerichteten Energietechniken ist deshalb weltweit zu einem **zentralen Anliegen der Energie- und Umweltpolitik** geworden.

Energieanlagen sind traditionell auch wichtige Erzeugnisse der schweizerischen Exportindustrie. Durch die Weiter- und Neuentwicklung von Energietechniken können Arbeitsplätze erhalten werden und in zukunftsfähigen Sparten neu entstehen. Energieforschung hat somit für unser Land auch eine **beschäftigungspolitische Bedeutung**.

Die energierelevanten Branchen der Schweizer **Industrie** sind an einer engen **Zusammenarbeit mit der öffentlichen Hand** stark interessiert. Denn die niedrigen Preise herkömmlicher Energieträger erschweren die rasche Einführung neuer Energietechniken derart, dass ihre Entwicklung für die Privatindustrie allein allzu risikoreich ist.

Die Leitlinien der Energieforschung werden somit bestimmt durch die Energiepolitik, zusammen mit umwelt- und wirtschaftspolitischen Erwägungen und unter Berücksichtigung gewerblicher und industrieller Interessen. Andererseits gelten aber auch für die Energieforschung die generellen **forschungs- und bildungspolitischen Ziele** des Landes.

### ENERGIEPOLITISCHE VORGABEN

Für die öffentliche Energieforschung gilt übergeordnet die Aufgabe, wie sie im **Energieartikel** der Bundesverfassung definiert ist, nämlich *Voraussetzungen zu schaffen für eine ausreichende und sichere, wirtschaftliche und umweltschonende Energieversorgung sowie für eine sparsame und rationelle Energieverwendung*. Zudem gelten die vom UVEK getroffenen Folgerungen aus dem *energiepolitischen Dialog* über das **energiepolitische Programm nach 2000**. Daraus sind folgende Punkte für die Forschung von Bedeutung:

- Die Steigerung der Energieeffizienz und der verstärkte Einsatz der erneuerbaren Energien haben in der schweizerischen Energiepolitik auch nach 2000 erste Priorität.

Die Energienachfrage nach 2000 soll stabilisiert werden; die CO<sub>2</sub>-Emissionen sollen bis 2010 gegenüber 1990 um zehn Prozent reduziert werden. Der Anteil der erneuerbaren Energien an der Wärmeversorgung soll längerfristig (2030) 10% bis 20% betragen.

- Grundpfeiler der künftigen Elektrizitätspolitik sind die rationellere Stromverwendung, die Nutzung der Wasserkraft und der verstärkte Einsatz neuer erneuerbarer Energien.
- Die bestehenden Kernkraftwerke sollen weiter betrieben werden, solange ihre Sicherheit und die Entsorgung von radioaktiven Abfällen gewährleistet ist. Die Option für neue Kernenergietechniken mit ausgeprägter passiver und inhärenter Sicherheit soll langfristig offengehalten werden.

(Dieser Punkt ist im Oktober 1998 vom Bundesrat dahingehend präzisiert worden, dass bestehende Kernkraftwerke nach einer noch festzulegenden Frist stillgelegt werden sollen, und dass für die Errichtung neuer Werke das fakultative Referendum eingeführt werden soll.)



## **FORSCHUNGSPOLITISCHE VORGABEN**

Gestützt auf das Forschungsgesetz legt der Bundesrat – basierend auf Vorschlägen des Schweiz. Wissenschaftsrats – regelmässig Leitlinien für die Forschung vor. Die *Ziele der Forschungspolitik des Bundes nach dem Jahr 2000* enthalten folgende Grundsätze, welche für die öffentliche Energieforschung zu beachten sind:

- Die Attraktivität und Wettbewerbsfähigkeit des Wissenschafts- und Technologiestandorts Schweiz ist zu sichern und zu stärken; der Zugang zu neuen Kenntnissen ist zu fördern.
- Leitprinzipien sind:
  - Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses
  - Ausrichtung auf die Bedürfnisse der Anwender der Forschungsergebnisse
  - Brückenschlag zwischen den verschiedenen Bereichen
  - Sicherung der Forschungskapazitäten
  - Die Partnerschaft zwischen Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft ist zu verbessern.
- Gegenüber Privatwirtschaft soll das Subsidiaritätsprinzip gelten.
- Die internationale Zusammenarbeit ist auszubauen.
- Die Fachhochschulen sind ins Forschungssystem zu integrieren.
- Nachhaltige Entwicklung und Umwelt (inkl. Energiefragen) bilden einen Schwerpunktsbereich (von insgesamt vier Schwerpunktsbereichen).

### **2.3 RECHTLICHE GRUNDLAGEN**

Der Bund stützt sich bei der direkten Forschungsförderung im Energiebereich auf folgende rechtliche Grundlagen:

- **Atomgesetz** (Art. 2) vom 23. Dezember 1959,
- **Forschungsgesetz** vom 7. Oktober 1983,
- **Energiegesetz** (Art. 12) vom 26. Juni 1998.

Daneben bestehen auf Verfassungs- und Gesetzesebene zahlreiche Sachkompetenzen des Bundes, die für den Energiebereich relevant sind und eine Förderung der Forschung erlauben (z.B. Umweltschutzgesetzgebung, Landesversorgungsgesetz).

Die Förderung der Energieforschung durch den Bund erfolgt zu einem grossen Teil indirekt durch Beiträge an den Schweizerischen Nationalfonds, an Forschungsprogramme der Europäischen Union sowie durch die Finanzierung der Forschung im ETH-Rat-Bereich. Gezielte direkte Unterstützung gewähren gewisse Bundesämter, vorab das BFE, das zugleich Koordinations- und Begleitfunktion hat.

Der 1990 angenommene Energieartikel in der Verfassung erlaubt dem Bund auch die Förderung der **Entwicklung von Energietechniken und von Pilot- und Demonstrationsanlagen**, dies insbesondere in den Bereichen Energiesparen und Nutzung erneuerbarer Energien. Der Energienutzungsbeschluss und das diesen ablösende Energiegesetz haben dazu eine klare Rechtsgrundlage geschaffen.

Über die an den **Universitäten und Fachhochschulen** durchgeführten Arbeiten tragen auch die **Kantone** massgeblich zur Energieforschung bei. Verschiedene Kantone haben zudem die Unterstützung von **Pilot- und Demonstrationsanlagen** in ihren Gesetzen verankert.

## 3. STAND DER ENERGIEFORSCHUNG IN DER SCHWEIZ

### 3.1 ORGANISATION DER ENERGIEFORSCHUNG

#### BEGLEITUNG UND DURCHFÜHRUNG

Das BFE hat die Aufgabe – zusammen mit der CORE (Eidg. Energieforschungskommission) – in rollender Planung Energieforschungskonzepte zu erarbeiten, die Forschung gemäss Konzept steuernd zu begleiten und zu fördern, die Energieforschungsprogramme und -projekte mit andern Forschungsarbeiten zu koordinieren und international einzubetten sowie die Ergebnisse in die Praxis zu überführen. Dazu hat das BFE das Gesamtgebiet der Schweizer Energieforschung in zehn technische Bereiche eingeteilt. Ein elfter Bereich befasst sich mit sozio-ökonomischen Fragestellungen. **Jeder Bereich wird von einem Bereichsleiter betreut und umfasst Forschungs- und Pilot-/Demonstrations-Programme sowie Umsetzungs-/Marketing-Programme.** Für jedes Programm ist ein Programmleiter verantwortlich; oft übernimmt auch der Bereichsleiter selbst die Leitung der Programme.

Dem Bereichsleiter stehen neben den Programmleitern Experten zur Seite. Zusammen erarbeiten sie – gestützt auf das vorliegende Konzept der Energieforschung und unter Berücksichtigung der staats- und wirtschaftspolitischen Randbedingungen – einen **detaillierten Ausführungsplan für ihren Bereich.** Dessen Durchführung geschieht Hand in Hand mit den Aktivitäten des Nachfolgeprogramms von ENERGIE 2000 sowie andern energierelevanten Projekten auf Bundesebene. Auch die Arbeiten der Kantone im Energiesektor werden berücksichtigt. Zudem bestehen enge Kontakte zu den Förderungsfonds der Energiewirtschaft (PSEL, FOGA, FEV).

**Als Steuerungsinstrument dient dem BFE sein Forschungsbudget.** Das BFE ist bei ca. 70% aller öffentlich finanzierter Energieforschungsprojekte finanziell beteiligt und kann damit bei diesen direkt lenkend eingreifen. Bei weiteren rund 20% der Projekte macht das BFE seinen Einfluss durch den Einsitz in Begleitgruppen und durch Begutachtungstätigkeit der Projekte geltend. Lediglich etwa 10% der Projekte laufen ohne Einflussnahme des BFE ab; durch seine biannualen Erhebungen aller öffentlich finanzierter Energieforschungsprojekte sind jene dem BFE in der Regel jedoch bekannt. Doppelspurigkeiten können somit praktisch ausgeschlossen werden.

Ab 2000 wird ein Teil des BFE-Energieforschungsbudgets an die Kommission für Technologie und Innovation (KTI) beim Bundesamt für Berufsbildung und Technologie (BBT) übertragen, um die dort vorhandenen Strukturen für die wirtschaftsnahe Forschungsförderung besser zu nutzen. Die Begleitung der entsprechenden Projekte wird aber weiterhin durch die Programmleiter des BFE erfolgen.

Den Grossteil der **Projekte bearbeiten öffentliche Forschungsstellen** (ETH-Institute, PSI, Universitäten, Fachhochschulen). Aber auch an **Industrie, Ingenieurbüros und Einzelpersonen** vergeben Bund und Kantone Fördermittel. Dabei gilt das Prinzip der Subsidiarität, d.h. die Förderung durch die öffentliche Hand dient nur zur zwingend notwendigen Ergänzung der eigenen Mittel. Einige Forschungsstätten haben sich inzwischen zu "Centres d'excellence" entwickelt, z.B. die Fachhochschule Rapperswil für Solarwärme oder die Universität Neuenburg für Photovoltaik.

Die Einbettung der Forschungsbetreuung im zuständigen Politikbereich BFE hat sich bewährt.

Die notwendigen nationalen und internationalen Beziehungen kommen dabei voll zum Tragen. Das BFE kann auch Finanzierungslücken überbrücken, z.B. bei Projekten zwischen Grundlagenforschung und Produkteentwicklung. Zudem verfügt das Amt über entsprechende Strukturen zur effizienten Einführung der Produkte im Markt.

## UMSETZUNG DER ERGEBNISSE

Über die Fortschritte in den vom BFE direkt betreuten Programmen und Projekten wird **in ausführlichen Jahresberichten, in der Fachliteratur, am Internet sowie auf speziell organisierten Tagungen und Seminaren berichtet**. Alle Berichte aus der schweizerischen Energieforschung (auch aus nicht direkt vom BFE betreuten Projekten) werden von **ENET** gesammelt und bekannt gemacht. ENET ist eine speziell für die Energieforschung geschaffene Informationsstelle. Alle zwei Jahre veröffentlicht das BFE zudem eine **Liste der Energieforschungsprojekte in der Schweiz**.

**Das starke Interesse der Öffentlichkeit, neuen und insbesondere umweltverträglichen Energietechniken zum Durchbruch zu verhelfen, verpflichtet die Energieforschung der öffentlichen Hand zur engen Zusammenarbeit mit der Privatwirtschaft.** Deshalb wird bei allen Projekten ein möglichst früher Einbezug der Industrie angestrebt. Mit zunehmender Marktnähe des Projekts hat auch die finanzielle Beteiligung der Partner der Privatwirtschaft zu steigen. Bei Pilot- und Demonstrationsprojekten übernimmt die öffentliche Hand schliesslich höchstens noch Anteile der Mehrkosten der Anlage, verglichen mit einer konventionellen Lösung.

**Trotzdem können sich bei der öffentlichen Forschungsförderung – insbesondere bei der Produktentwicklung – Interessenkonflikte ergeben.** Einerseits setzt ja die Förderung mit öffentlichen Mitteln voraus, dass neue Forschungserkenntnisse der gesamten Branche zugänglich sein müssen. Andererseits aber haben die beteiligten Unternehmen ein legitimes Interesse, diese Erkenntnisse für sich zu bewahren, um ihre Wettbewerbsfähigkeit nicht aufs Spiel zu setzen. Immerhin erlangen die Unternehmen dank ihrer geförderten Projekte einen Wissensvorsprung. Zudem kann bei hoher Eigenbeteiligung der Unternehmen eine angemessene Schutzfrist für neue Erkenntnisse eingeräumt werden.

Patente spielen im Technologie-Transfer eine wichtige Rolle. In der schweizerischen Hochschulforschung herrschen diesbezüglich – mit Ausnahme des ETH-Bereichs – grosse Unsicherheiten. **Das BFE hat damit begonnen, für die Energieforschung eine aktive Patentstrategie für öffentliche Forschungsstellen** zu entwickeln. Im Vordergrund stehen die Definition der Eigentumsrechte, der Ausbau der Information und Beratung und die Schaffung eines Marktes für die Patentvermittlung. Entscheidende Bedeutung wird dabei auch einem notwendigen kulturellen Wandel zugunsten einer offensiveren Patentstrategie im Hochschulwesen zugemessen.

**Der Transfer der Ergebnisse von der Forschung zum Markt bleibt immer verbesserungsfähig.** Wie praktisch in allen Industriestaaten steht diesbezüglich die Energieforschung auch in der Schweiz vor heiklen Problemen, gilt es doch, die oft auseinandergehenden Interessen von Forschern, Industrie, Verwaltung, Wirtschaft und Konsumenten auf einen gemeinsamen Nenner zu bringen. Das gelingt nicht immer. In diesem Zusammenhang haben sich die "**Schweizer Energieforschungs-Konferenzen**" als gut geeignetes Forum erwiesen, gemeinsam mit allen beteiligten Interessentengruppen deren Bedürfnisse abzuklären und nach Lösungen zu suchen. Massgeblich für den Einsatz neuer energieeffizienter Techniken ist auch das Aktionsprogramm **ENERGIE 2000** sowie sein Nachfolgeprogramm.

## INTERNATIONALE EINBETTUNG

Die Schweiz kann ebensowenig isoliert Energiepolitik und -forschung betreiben wie sie im Alleingang ihre Wirtschaft zu entwickeln und in Gang zu halten oder ihre Umwelt hinreichend zu schützen vermag - internationale Zusammenarbeit wird darum zur Pflicht.

**Partnerschaftliche grenzüberschreitende Zusammenarbeit bringt allen Mitwirkenden Gewinn.** Sie erzeugt Synergien, hilft Doppelspurigkeiten zu vermeiden und die Forschungseffizienz zu steigern und kann auch die jeweilige Industrie stärken. Schliesslich fördert internationale Zusammenarbeit die Harmonisierung von Regelwerken und Gesetzen.

**Aber nicht in allen Fällen ist eine internationale Zusammenarbeit angebracht oder von Nutzen.** Beispielsweise lassen sich spezifisch schweizerische Fragestellungen nur auf nationaler Ebene lösen. Auch werden innovative Ansätze, zu deren Lösung und Verwertung die Schweizer Industrie besonders gut positioniert ist, zur Erhaltung ihrer Wettbewerbsvorteile besser im Alleingang verfolgt. Ganz generell eignen sich Forschungsprojekte, bei denen kurzfristig mit patentierbaren Ergebnissen gerechnet werden kann, für ein kleines, auf Export angewiesenes Land wie die Schweiz wenig zur Zusammenarbeit mit anderen Staaten, weil bei internationalen Projekten in der Regel nur eine nationale Patentierung möglich ist. **Vor- und Nachteile einer internationalen Einbettung von Energieforschungsprojekten müssen daher von Fall zu Fall gut abgewogen werden.**

**Internationale Projekte haben in der schweizerischen Energieforschung bereits gute Tradition.** Beispielsweise werden die Möglichkeiten **im Rahmen der Internationalen Energie-Agentur (IEA) und der Nuklear-Energie-Agentur (NEA)** voll genutzt. Die IEA ermöglicht auch Kontakte zu aussereuropäischen Ländern – insbesondere zu den USA und zu Japan – und erleichtert den Abschluss von bilateralen Projekten mit den IEA-Mitgliedstaaten. Eine steigende Beteiligung ist bei den Energieforschungsprojekten **im Rahmen der EU-Forschung** zu verzeichnen. Mit der Inkraftsetzung des bilateralen Abkommens im Forschungsbereich zwischen der EU und der Schweiz wird die Mitbestimmung und der Zugang der Schweiz zu solchen Projekten wesentlich erleichtert (voraussichtlich ab 2001). Die europäische Zusammenarbeit im Energieforschungsbereich wird dadurch zweifellos weitere spürbare Impulse erhalten.

**Eine Zusammenarbeit mit Oststaaten und Drittweltländern wird als wünschenswert erachtet.** Knappe Finanzmittel und z.T. enttäuschende Erfahrungen führten aber bisher zu grosser Zurückhaltung. Das BFE ist jedoch weiterhin bemüht, Beziehungen zur Energieforschung in solchen Ländern zu schaffen:

**Bei einer Zusammenarbeit mit Oststaaten stehen eher kurzfristige Aspekte im Vordergrund.** Eine effiziente Zusammenarbeit ist vorderhand nur über Direktkontakte und Direktfinanzierung möglich. Es gilt, mit sinnvollen gemeinsamen Projekten dortige Forschergruppen zu stärken und zu stabilisieren. Auch soll geprüft werden, ob Feldforschung im Osten durchgeführt werden kann, die sich auf einfache Weise auf die Schweiz übertragen lässt. Im Osten stellen sich namentlich auch sozioökonomische Probleme.

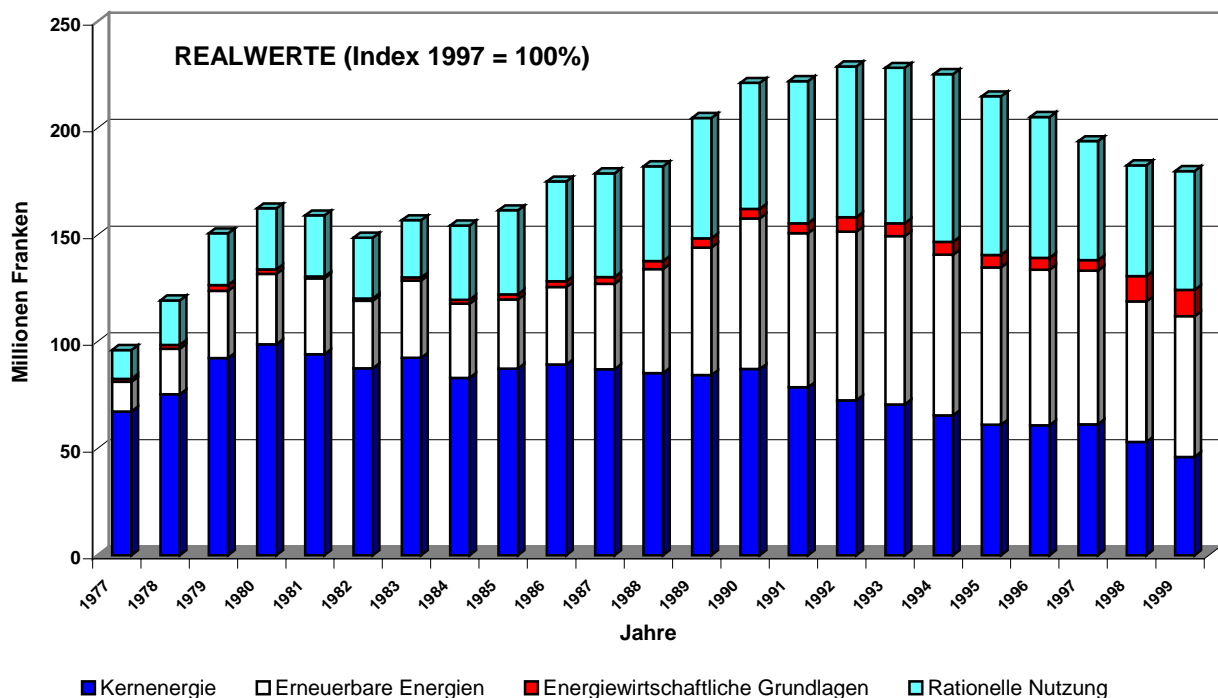
**Eine weltweite Zusammenarbeit mit und ein verstärktes Engagement in Drittweltländern wird langfristig und insbesondere im Problemkreis Energie/Umwelt als wichtig eingestuft.** Solidarität nützt letztlich auch der Schweiz. Dazu soll, neben gemeinsamen konkreten Projekten, auch am Aufbau eigener Forschungsstrukturen mitgearbeitet werden. Eine aktive Zusammenarbeit mit der "Schweizerischen Kommission für Forschungspartnerschaft in Entwicklungsländern" und der Direktion für Entwicklung und Zusammenarbeit DEZA ist unerlässlich.

### 3.2 UMFANG UND FLUSS DER FINANZMITTEL

Bei der Erstellung des Forschungskonzepts 1996-1999 wurde davon ausgegangen, den absteigenden Trend der Fördermittel stoppen zu können. Es wurde sogar ein Anstieg des Budgets auf ca. 230 Millionen Franken (Realwert 1995) geplant. Der tatsächliche **Aufwand blieb in den letzten Jahren jedoch abnehmend; er betrug 1997 noch rund 197 Millionen Franken** (Siehe unterstehendes Diagramm).

Für die Kernspaltung ist der Rückgang gewollt: der Zielwert 1999 ist in diesem Bereich bereits 1997 erreicht worden. Bei der Kernfusion entspricht die Entwicklung etwa den Planungswerten. Für die erneuerbaren Energien hingegen konnte der Stand der Forschungsaufwendungen nur knapp gehalten werden. Und alle anderen Gebiete haben in den letzten Jahren weitere erhebliche Miteinbussen zu verzeichnen, welche hauptsächlich auf Sparmassnahmen beim ETH-Rat und beim BFE sowie auf das Auslaufen der Mittel des NEFF zurückzuführen sind.

#### Aufwendungen für die Energieforschung seit Beginn der Erhebungen



**Die Energieforschung wird dezentral an vielen Forschungsstätten durchgeführt.** Dies ist einer trans- und multidisziplinären Zusammenarbeit förderlich. **Ebenso ist die Herkunft der Mittel entsprechend verschieden,** wie die Zusammenstellung Seite 13 zeigt. Aus der Tabelle sind auch die Beiträge an die einzelnen Forschungsgebiete ersichtlich. Es gilt zu beachten, dass in den Zahlenangaben – mit Ausnahme der Beiträge an die Privatwirtschaft – alle Infrastrukturkosten (Overheads) und Intramuros-Aufwendungen enthalten sind.

Die prozentualen Anteile der Geldquellen sowie der Forschungsstätten haben sich in den letzten Jahren wenig verändert. Die beachtlich hohen Finanzzuwendungen der Kantone und des BFE an die Privatwirtschaft folgen hauptsächlich aus der Förderung von Pilot- und Demonstrationsprojekten (bei den Kantonen: fast zu 100 Prozent; beim BFE zu ca. 50 Prozent).

**Detaillierte Angaben** über die Forschungsaktivitäten im Energiebereich sind **in der Broschüre "F,E&D im Bereich der Energie in der Schweiz; Liste der Projekte"** enthalten (Bezugsquelle: BFE und ENET).

### **Herkunft und Verteilung der Fördermittel 1997 für die Energieforschung (inkl. P+D). Angaben in 1'000 Fr.**

Die Zahlenangaben bei der Feingliederung der Forschungsgebiete (klein Gedrucktes) sind als Momentaufnahme zu betrachten. Sie unterliegen aus finanztechnischen Gründen der Förderstellen von Jahr zu Jahr oft erheblichen Schwankungen.

|                                 |  | HERKUNFT DER MITTEL |               |              |               |                            |                       |                       | TOTALE         |
|---------------------------------|--|---------------------|---------------|--------------|---------------|----------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------|
|                                 |  | ETH-Rat             | SNF           | BBT<br>(KTI) | BFE           | BBW,<br>u.a. <sup>1)</sup> | Kantone,<br>Gemeinden | NEFF<br><sup>2)</sup> |                |
| <b>FORSCHUNGSGBIETE</b>         | <b>Rationelle Energienutzung</b>           | <b>24'105</b>       | <b>171</b>    | <b>1'018</b> | <b>16'339</b> | <b>2'055</b>               | <b>8'595</b>          | <b>3'340</b>          | <b>55'623</b>  |
|                                 | Gebäude                                    | 2'253               | –             | 70           | 2'249         | 391                        | 1'199                 | 431                   | 6'593          |
|                                 | Verkehr                                    | 2'870               | –             | 200          | 5'329         | 1'095                      | 2'772                 | 216                   | 12'482         |
|                                 | Elektrizität                               | 4'383               | 41            | 525          | 2'192         | 406                        | 2'170                 | 958                   | 10'675         |
|                                 | WKK (inkl. Brennstoffzellen)               | 1'882               | 9             | 107          | 3'896         | 143                        | 1'632                 | 177                   | 7'846          |
|                                 | Verbrennung                                | 10'737              | –             | –            | 2'115         | 10                         | 97                    | 955                   | 13'914         |
|                                 | Prozesse                                   | 1'980               | 121           | 116          | 558           | 10                         | 725                   | 603                   | 4'113          |
|                                 | <b>Erneuerbare Energien</b>                | <b>24'088</b>       | <b>1'456</b>  | <b>457</b>   | <b>15'145</b> | <b>4'570</b>               | <b>16'708</b>         | <b>1'794</b>          | <b>64'218</b>  |
|                                 | Solarwärme                                 | 3'970               | 28            | –            | 3'534         | 295                        | 2'395                 | 209                   | 10'431         |
|                                 | Photovoltaik                               | 3'894               | 892           | –            | 2'264         | 1'979                      | 6'349                 | 83                    | 15'461         |
|                                 | Solarchemie                                | 8'647               | 367           | –            | 2'417         | 71                         | 2'549                 | 565                   | 14'616         |
|                                 | Biomasse / Holz                            | 2'578               | –             | 100          | 3'545         | 483                        | 2'604                 | 38                    | 9'348          |
|                                 | Umgebungswärme                             | 780                 | 19            | –            | 1'392         | 12                         | 1'302                 | 173                   | 3'678          |
|                                 | Geothermie / Wind / Wasser                 | 4'219               | 150           | 357          | 1'993         | 1'730                      | 1'509                 | 726                   | 10'684         |
|                                 | <b>Kernenergie</b>                         | <b>43'410</b>       | <b>1'634</b>  | <b>–</b>     | <b>2'601</b>  | <b>12'860</b>              | <b>364</b>            | <b>410</b>            | <b>61'279</b>  |
|                                 | Kernspaltung                               | 26'068              | 142           | –            | 2'461         | 1'560                      | –                     | 410                   | 30'641         |
|                                 | Kernfusion                                 | 17'342              | 1'492         | –            | 140           | 11'300                     | 364                   | –                     | 30'638         |
|                                 | <b>Energiewirtschaftl. Grundlagen</b>      | <b>7'912</b>        | <b>40</b>     | <b>1'400</b> | <b>3'777</b>  | <b>247</b>                 | <b>1'946</b>          | <b>436</b>            | <b>15'758</b>  |
|                                 | Energiepolitik / Nachhaltigkeit / Transfer | 7'912               | 40            | 1'400        | 3'777         | 247                        | 1'946                 | 436                   | 15'758         |
|                                 | <b>FORSCHUNGSSTÄTTEN</b>                   | <b>ETH-Zürich</b>   | <b>20'150</b> | <b>409</b>   | <b>727</b>    | <b>2'628</b>               | <b>1'706</b>          | <b>127</b>            | <b>891</b>     |
| <b>ETH-Lausanne</b>             |  | <b>28'206</b>       | <b>2'455</b>  | <b>186</b>   | <b>1'772</b>  | <b>9'043</b>               | <b>73</b>             | <b>639</b>            | <b>42'374</b>  |
| <b>EMPA</b>                     |  | <b>2'581</b>        | <b>–</b>      | <b>70</b>    | <b>720</b>    | <b>26</b>                  | <b>–</b>              | <b>86</b>             | <b>3'483</b>   |
| <b>PSI</b>                      |  | <b>48'517</b>       | <b>–</b>      | <b>100</b>   | <b>4'266</b>  | <b>1'770</b>               | <b>–</b>              | <b>842</b>            | <b>55'495</b>  |
| <b>Andere Bundesstellen</b>     |  | <b>61</b>           | <b>–</b>      | <b>–</b>     | <b>3'939</b>  | <b>3'376</b>               | <b>43</b>             | <b>–</b>              | <b>7'419</b>   |
| <b>Universitäten</b>            |  | <b>–</b>            | <b>437</b>    | <b>244</b>   | <b>1'900</b>  | <b>400</b>                 | <b>8'871</b>          | <b>52</b>             | <b>11'904</b>  |
| <b>Fachhochschulen</b>          |  | <b>–</b>            | <b>–</b>      | <b>1'036</b> | <b>1'255</b>  | <b>–</b>                   | <b>6'262</b>          | <b>73</b>             | <b>8'626</b>   |
| <b>Andere kantonale Stellen</b> |  | <b>–</b>            | <b>–</b>      | <b>–</b>     | <b>1'684</b>  | <b>10</b>                  | <b>1'047</b>          | <b>–</b>              | <b>2'741</b>   |
| <b>Privatwirtschaft</b>         |  | <b>–</b>            | <b>–</b>      | <b>512</b>   | <b>19'698</b> | <b>3'401</b>               | <b>11'190</b>         | <b>3'397</b>          | <b>38'198</b>  |
| <b>TOTALE</b>                   |  | <b>99'515</b>       | <b>3'301</b>  | <b>2'875</b> | <b>37'862</b> | <b>19'732</b>              | <b>27'613</b>         | <b>5'980</b>          | <b>196'878</b> |

<sup>1)</sup> übrige Bundesämter

<sup>2)</sup> der Nationale Energieforschungs-Fonds NEFF ist inzwischen aufgelöst worden

### **3.3 BISHERIGE ERGEBNISSE**

Durch die Energieforschung der öffentlichen Hand ist es gelungen, in angestammten und neuen Gebieten des Energiesektors eine angesehene Kompetenz zu erhalten bzw. neu zu erwerben. **Die Schweizer Energieforschung kann im internationalen Vergleich an vorderster Front mithalten.**

**Die Ergebnisse finden** – trotz eines Umfeldes, das Innovationen nicht gerade ermutigt – **wachsenden Eingang in die Praxis.** Dabei ist zu berücksichtigen, dass Produkte im Energiesektor in der Regel für lange Lebensdauern ausgelegt sind; entsprechend lang dauert es, bis neue Forschungserkenntnisse ihren Platz auf dem Markt finden. In den letzten Jahren ist aber für jedermann sichtbar geworden, dass sich das Marktangebot – aufgrund von Ergebnissen der Energieforschung – geändert hat. Beispiele sind: *Möglichkeiten für energieeffizienteres Bauen* (bessere Fenster, wirksamere Wärmedämmung, Solararchitektur), *ein breiteres Angebot von Heizungstechniken* (Solarwärme, Wärmepumpen, Holzheizungen, sauberere Öl- und Gasbrenner), *sparsamere Haushalt- und Bürogeräte, neue bzw. verbesserte Techniken zur Stromerzeugung* (Photovoltaik, Wärmekraftkopplung, Biogasanlagen, Kombikraftwerke, effiziente Kleinwasserkraftwerke, Windkraftanlagen, Brennstoffzellen), *neue Speichertechniken* (fortgeschrittene Batterietypen, Kurz- und Langzeitwärmespeicher, chemische Energieträger wie Wasserstoff oder Methanol), *sparsamere Automobile* (effizientere und schadstoffärmere Motoren, Leicht- und Elektromobile).

**Solche Erfolge beim Technologietransfer belegen auch, dass die Forschungsförderung der öffentlichen Hand in guter Kooperation mit der Industrie erfolgt.** Aber nicht nur etablierte Firmen konnten mit neuen Produkten ihr Angebot erweitern (und damit Arbeitsplätze erhalten oder neu schaffen). Die Forschungsergebnisse haben auch zur Gründung neuer Firmen geführt. Als neuere Beispiele seien erwähnt: *Integral Drive Systems, Zürich*, gegründet 1996 (Motorenantriebe) und *Sulzer HEXIS, Winterthur*, gegründet 1996 (Brennstoffzellen) und *XOLOX, Ecu-blens*, gegründet 1999 (Batterien).

Auch bei der Erarbeitung energiewirtschaftlicher Grundlagen sind Erfolge zu verzeichnen. Kürzliche Beispiele sind: *Umfassende Analyse der externen Kosten von Energiesystemen* (die Ergebnisse werden inzwischen als Energiepreiszuschläge in der Praxis – vor allem von öffentlichen Stellen – angewendet), *Erarbeitung von Energieperspektiven*, welche die mögliche Entwicklung von Angebot und Nachfrage für die nächsten 30 Jahre aufzeigen (Sie bildeten und bilden die zentrale und von breiten Kreisen akzeptierte Grundlage für die energiepolitischen Diskussionen), *Abklärung von Energiemassnahmen* wie Steuererleichterungen, Investitionsprogramme u.a.

**Selbstverständlich führen auch in der Energieforschung nicht alle Arbeiten zum erhofften Ziel.** Zudem lässt die Marktdurchdringung vieler neuer Technologien – in der Regel wegen ungenügender Wirtschaftlichkeit – zu wünschen übrig; d.h. der Sog des Marktes (Market pull) zur Weiterentwicklung fehlt grossenteils. Umso wichtiger sind ergänzende Massnahmen auf der Marktseite (Anreize, Steuerungsmechanismen etc.). Als wirkungsvolles diesbezügliches Programm sei ENERGIE 2000 erwähnt.

1992 ist die Energieforschung der öffentlichen Hand von einer international zusammengesetzten Expertengruppe evaluiert worden. Die Ergebnisse waren einerseits hohes Lob für die Qualität und zum Teil Originalität der Arbeiten sowie den wirksamen Einsatz der Programmleiter, andererseits eine Reihe von Verbesserungsvorschlägen, insbesondere betreffend die Überführung von Forschungsergebnissen in die Praxis. Mittels einer Reorganisation im BFE (Zusammenfassung von Forschungs- und Marktbetreuung im jeweils gleichen Bereich) konnten diese Vorschläge weitgehend umgesetzt werden.

## 4. FORSCHUNGSZIELE UND -STRATEGIE

### 4.1 DIE MISSION DER ENERGIEFORSCHUNG

"Versorgungssicherheit" und "lokale Umweltprobleme" beherrschten in den letzten 30 Jahren die Energiepolitik der Schweiz. Grosse vermutete Erdgas- und Erdölreserven in vielen Erdteilen lassen das Thema Versorgungssicherheit vorerst verblassen. Es bleiben politisch geprägte Zugriffsprobleme. Andererseits können **durch den steigenden Energieverbrauch schon in wenigen Jahrzehnten irreversible Klimaänderungen eintreten, welche hohe soziale, ökologische und wirtschaftliche Kosten verursachen dürften.** Konventionelle Lösungsansätze, welche lediglich die Sicherung der Versorgung einerseits und die rein lokalen Immissionsprobleme andererseits betrachten, führen eher zur Verschärfung dieses Risikos. **Nur die rasche Verminderung des globalen Klimaproblems durch die gezielte Entwicklung und Implementation nachhaltiger Energienutzungssysteme schafft Abhilfe und löst gleichzeitig auch lokale Versorgungs- und Umweltprobleme.** Die Nachfrage nach Know-how und Systemen, welche die Abhängigkeit insbesondere von fossilen Energieträgern senken, wird zukünftig stark ansteigen und Anbietern und Betreibern effizienter und nachhaltiger Erzeugungs-, Transfer- und Nutzungssysteme Vorteile bringen. Die Schweiz will die Energieforschung rasch und wirkungsvoll auf diese neue Gelegenheit ausrichten.

**Die Schweizer Energieforschung verpflichtet sich einer nachhaltigen Entwicklung.** Sie verfolgt damit die Verwirklichung von umwelt- und sozialverträglichen sowie wirtschaftlich tragbaren Systemen zur Energiebereitstellung, -umwandlung und -nutzung. Sie will insbesondere Beiträge leisten zur

- **Minderung des globalen Klimarisikos,**
- **Senkung lokaler Schadstoffemission und -immission,**
- **Erhöhung der Lebensqualität,**
- **Sicherheit, Zuverlässigkeit und Diversifizierung der Energieversorgung,**
- **Verbesserung der Wirtschaftlichkeit und Verbreitung aussichtsreicher, neuer Energietechniken,**
- **Analyse und Aufklärung von ökologischen und ökonomischen Zusammenhängen, welche die Erreichung der obgenannten Ziele fördern oder erschweren.**

### 4.2 STRATEGISCHE ZIELE

Das wichtigste Treibhausgas ist das Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>). **Langfristiges Hauptziel ist eine Reduktion des CO<sub>2</sub>-Ausstosses in der Schweiz. Vorgegeben wird eine Senkung auf 1 Tonne pro Person und Jahr innerhalb der nächsten 50 Jahre,** d.h. auf einen Siebtel des heutigen Ausstosses. Ein solches Szenarium ist durch Anwendung heute absehbarer – aber weiterlaufende Forschung voraussetzender – Techniken grundsätzlich möglich, ohne Einbussen an Lebensqualität in Kauf nehmen zu müssen. Allerdings sind grosse Übergangsprobleme zu erwarten, und es müssen Konsumverhalten und Produktionsweisen geändert werden. Nötig sind auch Veränderungen der nationalen und internationalen politischen Rahmenbedingungen (Steuerungsmassnahmen, Lenkungsabgaben, Anreize, Internalisierung externer Kosten u.a.).



Eine derartige Reduktion der CO<sub>2</sub>-Abgaben erheischt auch eine Senkung des Energieverbrauchs. Deshalb beinhaltet dieses Szenarium auch die **Zuwendung zur "2 kW-Gesellschaft"**, wie sie vom ETH-Rat in seiner Umwelt-Strategie angestrebt wird. D.h. für die Schweiz eine Senkung des Energieverbrauchs pro Person auf einen Drittel des heutigen Werts. Dabei muss gefordert werden, dass ein maximaler Anteil der noch benötigten Energie ohne Produktion von Treibhausgasen bereitgestellt wird.

**Kürzerfristig stehen zwei nationale Ziele im Vordergrund:**

- **Minimierung der Umweltbelastungen.**
- **Erreichen hoher technischer und wirtschaftlicher Effizienz sowie gesellschaftlicher Akzeptanz neuer Energietechnologien.**

### **4.3 LEITSÄTZE DER SCHWEIZER ENERGIEFORSCHUNG**

Zur Erfüllung der Mission – unter Berücksichtigung der energie- und forschungspolitischen Vorgaben – gelten für die Energieforschung folgende Grundsätze:

#### **GENERELLE LEITSÄTZE FÜR DIE ENERGIEFORSCHUNG**

- Die schweizerische Energieforschung muss nicht überall präsent sein, sondern sich **fokussieren auf die Gebiete mit den grössten Zielbeiträgen und den günstigsten personellen und wirtschaftlichen Voraussetzungen**. Vorrang ist Forschungsgebieten zu geben, die von kompetenten Forschergruppen bearbeitet werden und eine hohe Wertschöpfung für die Schweiz erwarten lassen (was ein Interesse der Wirtschaft voraussetzt), oder signifikante Beiträge zur globalen Nachhaltigkeit liefern dürften.
- Sie soll getragen werden von einer **ganzheitlichen Denkweise**. Insbesondere ist den Beziehungen zwischen Technik und Umwelt sowie gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Aspekten Beachtung zu schenken. Inter- und transdisziplinäre Vorhaben sind zu fördern.
- Anzustreben ist eine **international anerkannte und gut koordinierte** Forschung. In Forschungsgebieten hoher Priorität ist die Bildung und der Erhalt **personell und materiell gut dotierter** Forschungsgruppen sicherzustellen, um die Kontinuität zu wahren und den Wissensstand auszubauen.
- Bei den wichtigsten Forschungszielen ist es sinnvoll, **mehrere Wege zu verfolgen** (auch im Rahmen internationaler Zusammenarbeit), um Fehlschläge aufzufangen und Verzögerungen möglichst zu vermeiden, aber auch um eine förderliche Wettbewerbssituation zu schaffen.
- Der Zeitraum für die Entwicklung einer neuen Energietechnik von der Grundlagenforschung bis zur technischen Reife liegt in der Grössenordnung von Jahrzehnten. Die Forschung muss diese **langen Einführungszeiten im Auge behalten** und zugleich flexibel genug sein, rasch auf erfolgversprechende Neuentdeckungen zu reagieren.
- Die Energieforschung hat **kurzfristige wie langfristige Aspekte abzudecken**, ihre Prioritäten richten sich jedoch nach den längerfristigen energiepolitischen Perspektiven. Zugleich ist sie mit den europäischen und weltweiten Bestrebungen zu harmonisieren.
- Der Einsatz von Bundesmitteln in der **Privatwirtschaft erfolgt nach dem Prinzip der Subsidiarität** (d.h. dort, wo es nötig ist das privatwirtschaftliche Risiko von Forschungsvorhaben abzuschwächen und gute Perspektiven zur Umsetzung bestehen). Auch sollen Impulse

zur Entfaltung einer industriellen Eigendynamik ausgelöst werden. Die wirtschaftsfreundliche Nutzung des mit öffentlichen Fördermitteln erstellten geistigen Eigentums (Patente, Lizenzen) wird gesichert.

- Durch **internationale Zusammenarbeit und Kommunikation** ist die Effizienz der eingesetzten Forschungsmittel zu verstärken. Voraussetzungen für eine erfolgreiche Zusammenarbeit (insb. im Rahmen von IEA- und EU-Projekten) sind aktive Teilnahme und anerkannte, qualitativ hochwertige Beiträge der Schweiz.

Eine Zusammenarbeit mit ausgewählten Oststaaten und Drittweltländern wird angestrebt.

- Der Transfer der Ergebnisse von der Forschung bis zum Markt ist integrierende Aufgabe der Forschungsförderung der öffentlichen Hand. Die **Unterstützung von Pilot- und Demonstrationsprojekten** sowie die enge Zusammenarbeit mit der Privatwirtschaft sind dabei unabdingbar. Angestrebt wird eine Beschleunigung der Einführungszeiten nachhaltiger Energietechniken.
- Die öffentliche Energieforschung hat ihre Verantwortung auch wahrzunehmen in bezug auf die **Aus- und Weiterbildung** von wissenschaftlichem und technischem Personal. Die breite Weitergabe neuer Erkenntnisse ist zu unterstützen.
- Die **Vernetzung** von Forschungs- und Lehrinstitutionen, welche fachspezifische Kompetenz-Zentren bilden, wird gefördert.
- Die Öffentlichkeit ist über Energieforschungs- und Entwicklungsarbeiten, Zeithorizonte neuer Produkte, Kosten-, Nutzen- und Umweltrelevanz **breit zu informieren**. Es sind dabei die Zusammenhänge im Sinne der Mission der Energieforschung (Kapitel 4.1) aufzuzeigen.

### **SPEZIFISCHE LEITSÄTZE FÜR DIE JAHRE 2000-2003**

- **Die Forschungsschwerpunkte sind bei Techniken und Massnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien und zum rationellen Umgang mit Energie zu setzen;** angesprochen sind insbesondere die Sonnenenergie, die Umgebungswärme- und die Biomassenutzung, bzw. effiziente Techniken für die Energieumwandlung, die Energiespeicherung, den Transport neuer Energieträger und die Endnutzung.
- Die Einsatzbereiche werden fokussiert auf den **Gebäudesektor**, den **Individualverkehr** sowie auf Systeme zur **Versorgung und Entsorgung**.
- Die **Fission** trägt zur Zeit massgeblich zur schweizerischen Elektrizitätsproduktion bei. Obwohl die Schweiz nicht mehr im Kernkraftwerkbau tätig ist, ist weiterhin **sicherheitsrelevante Forschung nötig**, um den Betrieb der bestehenden Kraftwerke aufrecht zu halten und eine sichere Entsorgung des nuklearen Abfalls zu gewährleisten. Die entsprechenden Aufwendungen sind weitmöglichst den Kraftwerksbetreibern zu belasten.
- Die **Fusion** stellt eine künftige Möglichkeit zur Energieerzeugung dar, ist jedoch auf lange Zeit hin noch nicht einsetzbar. Zudem ist das Erreichen der Wirtschaftlichkeit und der Einsatz von Fusionskraftwerken in der Schweiz äusserst fraglich. Mit vertretbarem Aufwand soll die schweizerische **Teilnahme an den internationalen Forschungsarbeiten aufrecht erhalten** bleiben. Dies insbesondere auch angesichts der hervorragenden Qualität dieser Forschung mit ihren bedeutenden Auswirkungen auf andere technische Gebiete.
- Bei der Entwicklung von Technologien und Systemen ist darauf zu achten, dass ökobilanzmässig **optimale Stoff- und Energieflüsse gewährleistet** sind.

## 5. SCHWERPUNKTTHEMEN DER FORSCHUNG 2000-2003

**Im vorliegenden Konzept sind die einzelnen Teilgebiete der schweizerischen Energieforschung neu beurteilt und dabei Schwerpunkte gesetzt worden.**

Dieser Neubeurteilung liegen die in den Teilen 2 und 4 dieses Dokuments ausgeführten politischen und strategischen Richtlinien zugrunde, deren wichtigste hier nochmals kurz zusammengefasst sind.

### **Energiepolitische Prioritäten:**

- Hauptziele sind eine effiziente Energienutzung sowie die drastische Reduktion des CO<sub>2</sub>-Ausstosses.
- Vorzug geniessen nachhaltige, erneuerbare oder neue Energietechnologien.
- Die Versorgungssicherheit muss gewährleistet bleiben.

### **Forschungsgrundsätze:**

- Priorität kommt langfristigen energiepolitischen Perspektiven zu. Auf dem Weg dorthin sind aber auch kurzfristige Probleme zu lösen.
- Deshalb muss die Forschungsförderung flexibel bleiben.
- Die Forschungsprogramme müssen von ganzheitlicher Denkweise geprägt sein sowie Kontinuität und hohe Qualität haben.
- Wichtige Ziele sind auf mehreren Wegen anzustreben, je nach Thema auch in internationaler Zusammenarbeit.
- Da beim angestrebten Übergang zu einem nachhaltigen "Energie-Mix" Probleme der Umsetzung entstehen können, sind auch sozio-ökonomische Belange von zentraler Bedeutung.
- Grosses Gewicht ist dem Transfer der Forschungsergebnisse in die Praxis, wobei Pilot- und Demonstrationsanlagen wesentliche Elemente sind, sowie der Information der Öffentlichkeit beizumessen.

**Die Überlegungen zu den einzelnen Teilgebieten und die daraus abgeleiteten Richtlinien sind in den nachfolgenden Abschnitten zusammengestellt.** Diese Richtlinien bilden die Grundlage für die Detailplanung der Programmleiter (s. auch 3.1.1).

Die Angaben für die Mittelzuteilung finden sich im Kapitel 6.1 (Tabelle Ste 44) zusammengefasst. Sollten vor 2003 durch eine Förderungsabgabe erhebliche zusätzliche Mittel für die Energieforschung bzw. für die Förderung von Pilot- und Demonstrationsanlagen zur Verfügung stehen (was seitens der CORE befürwortet wird), ist eine Überarbeitung des vorliegenden Konzepts vorzunehmen.

Die angegebenen Zeithorizonte für die Forschungsziele sind wie folgt definiert:

- **Kurzfristig:** Umsetzung in die Praxis innerhalb von 5 bis 10 Jahren möglich.
- **Mittelfristig:** Umsetzung in die Praxis nach ca. 10 bis 20 Jahren.
- **Langfristig:** Umsetzung in die Praxis voraussichtlich nicht vor 20 Jahren.

## 5.1 RATIONELLE ENERGIENUTZUNG

Noch immer werden auf Endenergiestufe über 80 Prozent des schweizerischen Energieverbrauchs mit nicht erneuerbaren Energien gedeckt. Allein die fossilen Energieträger Erdöl, Erdgas und Kohle machen gesamthaft fast 75 Prozent aus. Eine Verbrauchsreduktion insbesondere dieser Energieträger ist daher vordringlich, denn über ihr Verbrennungsprodukt CO<sub>2</sub> tragen vor allem sie zum Treibhauseffekt bei. Der nächstliegende und günstigste Weg ist eine **rationellere Nutzung dieser Energien, d.h. mit technischen Massnahmen soll bei geringerem Energieverbrauch die gleiche Nutzwirkung erzielt werden**. Selbstverständlich bezieht sich die rationelle Nutzung nicht nur auf die fossilen Energieträger, sondern auch auf alle andern, insbesondere auch auf die Elektrizität. Denn die verschiedenen Energieträger sind – je nach Kostensituation unterschiedlich – untereinander ersetzbar, sei es bei der Nutzung der Energien beim Endverbraucher selbst, sei es bei der Erzeugung der Endenergien.

Rationellere Energienutzung darf nicht unter dem Blickwinkel Verzicht und Mehrkosten verstanden werden, sondern als Möglichkeit zur Erhöhung von Lebensqualität und Komfort.

Rein technisch gesehen sind die Sparmöglichkeiten beim Energieeinsatz sehr gross. Angesichts der tiefen Energiepreise ist aber – in einer engen Wirtschaftlichkeitsbetrachtung - nur ein kleiner Teil davon heute wirtschaftlich. Besser sieht es aus, wenn man zusätzlich die externen Kosten berücksichtigt, d. h. jene Kosten, die durch den Energieverbrauch entstehen, die aber nicht im Energiepreis enthalten sind (etwa die Umweltbelastung), sondern von der Allgemeinheit gedeckt werden müssen. Umso wichtiger ist es damit, schon heute **zukunftsträchtige, möglichst wirtschaftliche Technologien zur rationellen Energieverwendung (weiter)zuentwickeln. Diese Techniken können zudem mithelfen, Arbeitsplätze zu erhalten und auch neue zu schaffen**. Die Anstrengungen in F,E&D sollen deshalb intensiviert werden. Bei der Forschung ist eine Erhöhung von heute jährlich rund 41 Millionen Franken auf 49 Millionen Franken im Jahr 2003 vorgesehen, bei den Pilot- und Demonstrationsprojekten von 15 auf 20 Millionen Franken (s. Tabelle Ste 44).

Die Forschung im Bereich der rationellen Energienutzung wird hier in sieben Bereiche aufgeteilt: Gebäude, Verkehr, Elektrizitätsspeicherung und -transport, Elektrizitätsnutzung, Wärme-Kraft-Kopplung (inkl. Brennstoffzellen), Verbrennung und Prozesse. Im folgenden werden diese Bereiche einzeln diskutiert.

### GEBÄUDE

Rund 1.3 Millionen Gebäude müssen in der Schweiz beheizt und mit Warmwasser versorgt werden. Über 85 Milliarden kWh Energie werden hierfür pro Jahr aufgewendet; dies macht gegen 40 Prozent des gesamten Endenergieverbrauchs aus und über 65 Prozent der Nutzenergie. Nach wie vor ist der Anteil der fossilen Energieträger (Erdöl und Gas) dominierend.

In den letzten Jahren konnten die Energiekennzahlen bei Neubauten deutlich gesenkt werden. Der Grund hierfür liegt im stark verbesserten Wärmeschutz (Gebäudeisolation), aber auch in effizienteren Heizanlagen. Vor allem bei den Einfamilienhäusern hat sich im übrigen die Wärmepumpe in den letzten Jahren stark durchgesetzt: Rund 40 Prozent aller neuen Einfamilienhäuser werden mit einer Wärmepumpe ausgerüstet.

Auch **bei Sanierungen** werden in der Regel erhebliche energetische Verbesserungen erzielt. Da die Erneuerungszyklen im Baubereich aber sehr lang sind, liegt hier noch ein sehr grosse Energiesparmöglichkeiten brach. Man rechnet, dass **das Einsparpotential an nicht-erneuerbaren Energien zwischen 30 und 50 Prozent liegt**. Angesichts der tiefen Energiepreise

sind energetische Gesamtsanierungen in der Regel heute nicht wirtschaftlich und werden meist aus andern als ökonomischen Motiven durchgeführt. Im Vordergrund stehen die damit verbundenen Komfortverbesserungen, aber auch die generelle Verbesserung der Bausubstanz und des Nutzwertes der Gebäude.

Neubauten stellen zusätzliche neue Energieverbraucher dar, deren Verbrauch für viele Jahre determiniert ist und erst in fernerer Zukunft dem dann aktuellen energie- und umwelttechnischen Stand angepasst würde. Es lohnt sich deshalb, auch **bei Neubauten auf eine weitere energetische Optimierung und einen möglichst geringen CO<sub>2</sub>-Ausstoss zu achten sowie innovative Konzepte anzugehen – nicht zuletzt auch im Sinne einer nachhaltigen Bauweise.**

Auch wenn bis zum Jahr 2020 der Gebäudebestand um rund die Hälfte zunehmen sollte, wird der Energieverbrauch dieser Neubauten lediglich rund 1/5 des Gesamtverbrauchs ausmachen. Diese Zahl reduziert sich weiter, da in Zukunft kaum mit einem solchen Wachstum des Gebäudebestands gerechnet werden kann. Gründe, die für ein kleineres Wachstum sprechen, sind: Wohnraumbedarf an oberer Grenze angelangt, knappe Raumreserven in der Schweiz, schwache Konjunktur, kleineres Bevölkerungswachstum. Das Schwergewicht bzw. das grosse Energiesparpotential liegt somit eindeutig bei den bestehenden Gebäuden. **Die energetische Sanierung der bestehenden Gebäude steht somit im Vordergrund.**

Viele Entscheidungsträger und Baufachleute haben mit der Entwicklung des Wissenstands nicht Schritt gehalten und lassen es am Verständnis der energetischen Zusammenhänge mangeln. **In der Bauwirtschaft besteht ein grosser Bedarf an entsprechender Ausbildung.**

Angesichts der energetischen Bedeutung und der bestehenden Wissenslücken soll der in den letzten Jahren erfolgte Einbruch der F,E&D-Aufwendungen wieder wettgemacht werden. Geplant ist (s. Tabelle Ste 44), die Forschungsaufwendungen von heute jährlich 4.5 Millionen Franken bis 2003 auf 10 Millionen Franken zu steigern, für Pilot- und Demonstrationsanlagen sollen die Mittel von heute 2.1 Millionen auf 5 Millionen Franken erhöht werden.

### **Schwerpunkte der Forschung 2000 – 2003**

*(Für Stromnutzung im Gebäudebereich: siehe Kapitel "Elektrizitätsnutzung")*

– *Kurzfristig:*

- *Grundlagen und (z.B. EDV-)Arbeitsinstrumente für die Bewertung und Sicherstellung einer nachhaltigen Bauweise als übergeordnetes Führungsinstrument (Stichworte: Labeling, Recycling, Ökobilanzierung)*
- *Technologien und Verfahren für Niedrigenergiebauten und hauptsächlich für eine effiziente und kostengünstige Sanierung bestehender Gebäude. Im Vordergrund stehen:*
  - *Wärmeschutzmassnahmen an der Gebäudehülle (neue Dämmmaterialien / einfache Montagetechniken / neue Bauelemente zur Reduktion von Wärmebrücken / Vermeidung von Kühllast)*
  - *Einsatzmöglichkeiten moderner Haustechniksysteme sowie die Berücksichtigung erneuerbarer Energien beim Ersatz bestehender Heizsysteme (neue Technologien zur Wärmeerzeugung, Lüftung und Klimatisierung / Minimierung des Strombedarfs einzelner Komponenten und Subsysteme / Integration der erneuerbaren Energien in die konventionelle Haustechnik / Qualitätssicherung bei neuen Kombisystemen)*
- *Verbessern energetischer Diagnosemethoden und entwickeln entsprechender, kostengünstiger Verfahren zur Qualitätssicherung am Bau.*
- *Entwickeln von energiesparenden Warmwassersystemen inkl. der Wärmerückgewinnung aus Grauwasser und Kriterien für die Wahl der jeweils optimalen Lösung.*

– *Mittel- und langfristig:*

- *Systeme und Grundlagen zur breiten Anwendung der transparenten Wärmedämmung (Verbessern der Anwenderfreundlichkeit sowie Kostensenkung) und der passiven Kühlung sowie der Tageslichtnutzung (vgl. auch Kapitel "Sonnenenergie")*
- *Integration der Brennstoffzelle als Wärme- und Stromlieferant im Gebäudebereich*
- *Berücksichtigung des nachhaltigen Bauens bei der Orts- und Regionalplanung*

### **Schwerpunkte der Umsetzung 2000 - 2003**

- *Demonstration*
  - *von mustergültigen und nachhaltigen Gebäudesanierungen (vornehmlich von Mehrfamilienhäusern und im Dienstleistungsbereich, mit gleichzeitiger Anwendung der hybriden Lüftung)*
  - *von energetisch optimierten Warmwassersystemen*
  - *von Hochisolationstechniken für Gebäude*
  - *kostengünstiger Wohnungslüftungssysteme mit Wärmerückgewinnung*
- *Verbesserung von Ausbildung und Wissensstand der Baufachleute sowie der Planer und Installateure*

## **VERKEHR**

Der Verkehr beansprucht in der Schweiz rund einen Drittel des gesamten Endenergieverbrauchs. Davon entfallen 64 Prozent auf den motorisierten Individualverkehr, weitere 20 Prozent auf den Strassengüterverkehr, 9 Prozent auf den Flugverkehr und 6 Prozent auf den öffentlichen Verkehr. **Der weiterhin steigende Treibstoffverbrauch im privaten Strassenverkehr ist eine Folge wachsender Verkehrsleistungen.** Denn spezifisch hat der Flottenverbrauch, das heisst der durchschnittliche Verbrauch aller sich im Verkehr befindlichen Fahrzeuge in den letzten Jahren leicht abgenommen: Heute werden pro 100 km noch rund 8.8 Liter Benzin benötigt.

Die spezifischen Energiesparmöglichkeiten sind sehr gross: **Innerhalb einer Fahrzeugkategorie**, d.h. bei vorgegebener Grösse, Leistung und Sicherheit sowie bei vergleichbarem Komfort **ist eine Reduktion des spezifischen Energieverbrauchs um 40 und mehr Prozent möglich.** Wenn man für den Nahverkehr Leichtmobile einsetzen würde, wären Reduktionen von bis zu 80 Prozent realisierbar. Durch einen andern Modal Split (z.B. grösserer Anteil des öffentlichen Verkehrs im Personentransport) wären weitere Reduktionen möglich.

Für die Forschungsanstrengungen im Verkehrsbereich **stehen deshalb die spezifischen und die absoluten Energieverbrauchsreduktionen im Vordergrund.** Dabei bleiben die **Reduktion der Emissionen und des Lärms weiterhin wichtige Themen** – auch wenn hier in den letzten Jahren bedeutende Fortschritte erzielt wurden. **Die Anstrengungen beschränken sich zur Hauptsache auf den motorisierten Individualverkehr.** Die Schweiz hat eine **bedeutende Zulieferindustrie für Komponenten der Automobilherstellung** (Sicherheits- und Komfortsysteme, Metallgussteile, Mikroschalter, Schrittmotoren u.a.). Technisch werden die Forschungsschwerpunkte deshalb so gesetzt, dass die resultierenden Erkenntnisse tatsächlich auch in der Schweiz umgesetzt werden können: sei es bei der Zulieferung von verbesserten Komponenten für ausländische Hersteller, sei es bei den – langfristig wichtigen – Leichtfahrzeugen, wo die Schweiz eine eigene Produktion aufweist.

Gesamthaft werden die heutigen Aufwendungen der öffentlichen Hand von 12.5 Millionen Franken für F,E&D im Verkehrsbereich als ausreichend erachtet. Allerdings sollen sie in den

kommenden Jahren zugunsten der Forschung und zulasten der Pilot- und Demonstrationsprojekte verändert werden. Denn verschiedene technische Probleme am Komponenten müssen noch gelöst werden. Für die Umsetzung in Pilot- und Demonstrationsprojekten dürfen verstärkte Anstrengungen von privater Seite erwartet werden. Entsprechend sind für die Forschung bis 2003 jährlich 7 Millionen und für Pilot- und Demonstrationsanlagen noch 5 Millionen Franken vorgesehen (heutige Werte: 5.6 und 6.9 Millionen; s. Tabelle Ste 44).

### **Schwerpunkte der Forschung 2000 – 2003**

(Siehe auch Kapitel Elektrizitätsspeicherung)

- *Kurzfristig:*
  - *Wirkungsgradverbesserungen bei thermischen Motoren und Reduktion des Schadstoffausstosses (siehe auch Kapitel Verbrennung)*
  - *Weiterentwicklung der Hybridtechnologie*
  - *Untersuchung von modernen Mobilitätsformen: Kombinationsmöglichkeiten von öffentlichem Verkehr, Leichtmobilen, Mietautos, Car Sharing usw.; Verkehrsvermeidung, Kosten- und Akzeptanzfragen*
- *Mittelfristig:*
  - *Reduktion des Fahrzeuggewichtes ohne Einbusse an Sicherheit und Komfort (sowohl für Leichtmobile wie auch für Komponenten von herkömmlichen Fahrzeugen)*
  - *Verbesserung von Antriebsketten (bei thermischen Fahrzeugen: Motor, Getriebe; bei elektrischen Fahrzeugen: Batterie, Ladegerät, Leistungselektronik, Motor)*
  - *Rekuperation elektrischer Energie (bei Elektro- und Hybridfahrzeugen)*
- *Langfristig:*
  - *Entwicklung neuer Antriebskonzepte (z.B. auf der Basis von Brennstoffzellen)*

### **Schwerpunkte der Umsetzung 2000 – 2003**

- *Demonstration effizienter Fahrzeugkomponenten*
- *Auswertung des Grossversuchs mit Leicht-Elektromobilen in Mendrisio (Mobilitätsverhalten, Substitutionseffekte u.a.), Initiierung der Nachfolgeaktivitäten*
- *Neue Förderungsformen von Leichtmobilen (Miete, Batterie-Leasing, Ladestationen etc.)*

## **ELEKTRIZITÄTSSPEICHERUNG UND -TRANSPORT**

### **Elektrizitätsspeicherung (ohne chemische Speicherung)**

Die Speicherung von Elektrizität ist schwierig, erhält aber mit der zunehmenden Nutzung erneuerbarer Energien immer grössere Bedeutung. Direkt kann Elektrizität nur sehr eingeschränkt gespeichert werden (z.B. mit supraleitenden Systemen); zumeist muss der Umweg über eine andere Energieform gewählt werden. Man speichert die Elektrizität etwa mechanisch (z.B. in Form von potentieller Energie in Speicherseen oder als Druckluft), kinetisch mittels Schwungrädern, elektrochemisch (z.B. in Batterien), oder chemisch (als Brenn- und Treibstoffe, z.B. Wasserstoff oder Methanol). Hier geht es nur um die ersten drei Formen der Elektrizitätsspeicherung sowie der direkten Speicherung; die chemische Speicherung wird im Rahmen der Solarchemie untersucht, jene mit "biologischen" Energieträgern im Bereich Biomasse.

In der Schweiz ist die zentrale Speicherung von Elektrizität in Form von Pumpspeicherseen gut abgedeckt. Für die mobile Energiespeicherung (Verkehr) und für dezentrale stationäre Anwendungen braucht es aber ergänzende Elektrizitätsspeicherformen.

**Die Forschung hat in den Gebieten, Batterien und Supercaps in der Schweiz einen hohen Stand erreicht und umfasst institutionell sowohl die Hochschulen, das PSI als auch verschiedene private Firmen. Die Forschungsanstrengungen sind darauf auszurichten, diesen Stand zu halten und auszubauen.** Entsprechend sollen die Fördermittel gegenüber dem heutigen Stand etwas aufgestockt werden, von heute jährlich rund 2.7 Millionen auf 4 Millionen Franken im Jahr 2003. Angesichts der Tatsache, dass verschiedene Entwicklungslinien den Laborstatus verlassen können, sind auch etwas mehr Mittel für Pilot- und Demonstrationsanlagen vorgesehen (die heute 0.2 Millionen Franken pro Jahr sollen künftig auf 1 Million Franken ansteigen).

### ***Schwerpunkte der Forschung 2000 - 2003***

– *Kurz- und mittelfristig:*

- *Weiterentwicklung und Testen neuer Batterie- und Akkumulatortypen (Zink/Luft-Batterie und Lithium-Ionen-Batterie)*
- *Intelligente Bewirtschaftungsgeräte von Batterien und Akkumulatoren und Evaluation der damit verbundenen Verlängerung der Lebensdauer*
- *Superkondensatoren (für Elektromobile als Ergänzung zum Akkumulator)*

– *Mittelfristig:*

- *Speichersysteme für eine Optimierung der Nutzung dezentraler Produktionssysteme im elektrischen Netz (inkl. ökonomische Fragestellungen)*

### ***Schwerpunkte der Umsetzung 2000 - 2003***

- *Pilotprojekte mit neuen Akkumulatoren und Speichersystemen*
- *Ausrüsten von einigen Elektromobilen (Taxis, Bus) mit intelligenten Schnelladeeinrichtungen und Praxistests*

## **Elektrizitätsverteilung**

Schätzungsweise etwa 7 Prozent der in der Schweiz erzeugten Elektrizität werden für Übertragung und Verteilung verbraucht (inkl. Transformation aber ohne Verbrauch der Speicherpumpen). **In der verlustarmen Verteilung steckt ein erhebliches Sparpotential. Zudem sind gerade auch die Hochspannungsleitungen zunehmend Gegenstand von (ökologischen) Kontroversen. Und als Folge der allmählich greifenden Marktliberalisierung dürfte im europäischen Raum die Überkapazität in der Elektrizitätserzeugung noch zunehmen. Umso bedeutsamer wird damit die Frage der Elektrizitätsverteilung – sowohl technisch als auch ökonomisch und gesellschaftspolitisch.**

**Die Hochtemperatur-Supraleitung könnte mittel- bis längerfristig in Teilbereichen einen weitgehend verlustfreien Transport von Elektrizität ermöglichen.** Aber noch sind entsprechend gebaute Transformatoren oder Energiekabel im Prototypenstadium. Der 1997 in der Schweiz weltweit als erster in Betrieb genommene Supraleitungs-Transformator zeigt aber, dass die Technologie durchaus eine Zukunft haben dürfte. Allerdings sind die ökonomischen Implikationen noch unklar.



Da die heutigen direkten technischen Möglichkeiten zur Verminderung der Übertragungsverluste eher beschränkt sind (bei der Hochtemperatursupraleitung ist u.a. noch Grundlagenforschung zu betreiben, die nicht Sache der Energieforschung ist), stehen mit Blick auf die Strommarktliberalisierung eher "**systembezogene**" Ansätze (**z.B. Netzoptimierung und -bewirtschaftung im Vordergrund**). Da in diesem Bereich die Privatwirtschaft sich vermehrt engagieren dürfte, wird eine Kürzung der Mittel vorgeschlagen, sowohl für Forschungs- als auch für Pilotprojekte (von heute insgesamt ca. 7 Millionen Franken pro Jahr auf 5 Millionen Franken im Jahr 2003). Wichtige Aspekte sind zudem Themen des Programms "Energiewirtschaftliche Grundlagen" und deshalb dort zu behandeln.

### **Schwerpunkte der Forschung und der Umsetzung 2000 - 2003**

– *Kurz- und mittelfristig:*

- *Massnahmen zur Verlustminderung bei der elektrischen Verteilung (inkl. Netzbewirtschaftung und Optimierung des Netzzugangs mittels entsprechender Tarifierung)*
- *Technische Möglichkeiten und Kosten alternativer Systeme in der Verteilung*
- *Technisch und ökonomisch optimierte Netzeinbindung dezentraler Produktions- und Speichersysteme*

– *Langfristig:*

- *Systemorientierte Forschungsarbeiten der Hochtemperatur-Supraleitung (inkl. Ökonomischer Implikationen)*

## **ELEKTRIZITÄTSNUTZUNG (GERÄTE)**

Elektrizität ist wegen Ihrer universellen Einsetzbarkeit von zentraler Bedeutung. Sie deckt etwa 20 Prozent des gesamten Endenergiebedarfs der Schweiz. **Das technisch realisierbare Einsparpotential wird auf rund 25 Prozent geschätzt**, wovon heute allerdings nur ein Teil als wirtschaftlich betrachtet werden kann. Grosse Sparpotentiale liegen vor allem bei elektrischen Motoren, elektrischen und elektronischen Geräten (Endgeräte inkl. Automaten) sowie Informations- und Telekommunikationsnetzwerken.

Rund 40% der elektrischen Energie wird in **elektrischen Motoren** umgesetzt. Aufgrund der äusserst vielfältigen Anwendungs- und Einsatzformen sowie der Tatsache, dass Elektromotoren in der Regel als Komponenten in Geräten und Anlagen eingebaut werden, stehen neben generellen Wirkungsgradverbesserungen vor allem **Planungsinstrumente die Optimierung von Antriebssystemen inklusive ihrer Regelung und Steuerung im Vordergrund**. Beträchtliche Einsparungen sind im Speziellen bei elektrischen Antrieben in Industrie und Gewerbe (z.B. mit dem Einsatz von Integralantrieben mit eingebauter elektronischer Steuerung) möglich.

Die **elektrischen und elektronischen Geräte**, worunter neben Haushalt-, Büro- und Unterhaltungselektronikgeräten auch die Automaten (vor allem im gewerblichen Bereich) und Haustechnikkomponenten (Pumpen, Ventilatoren usw.) zu verstehen sind, zeichnen sich häufig durch lange Betriebszeiten im Standby-Betrieb aus. Aufgrund der rasant einsetzenden Vernetzung verschmelzen sie zunehmend zu **Informations- und Telekommunikationsnetzwerken**. Nach dem die Vernetzung der Dienstleistungsbetriebe bereits in vollem Gange ist, zeigen neuste Trends nun auch in Richtung Vernetzung der Haushalte. Angetrieben wird die Entwicklung durch das Internet (E-Commerce, TV-on-demand usw.), die Verfügbarkeit preisgünstiger Hausleitsysteme und das gestiegene Sicherheitsbedürfnis (Einbruchssicherung, Hausüberwachung usw.). **Praktisch alle elektrischen und elektronischen Geräte weisen ein starkes Ver-**

**besserungspotential auf. Neue Technologien (vor allem Unterhaltung und Netzwerk-komponenten) sollten daher von Anfang an möglichst energiesparend ausgelegt werden.** Aufgrund der teilweise bescheidenen Leistungen der Einzelgeräte, die aber aufgrund der enormen Stückzahlen und der langen Betriebszeiten gesamtschweizerisch zu grossen Energieverbräuchen führen, sind Energieverluste sowohl für Hersteller aber auch für die Anwender kein zentrales Anliegen.

**Im Gebäudebereich sind vor allem komplexe haustechnische Anlagen** (Systeme inkl. deren Vernetzung), **Komponenten** (Pumpen, Ventilatoren usw.) **und Beleuchtung zentrale Themen.** Die zunehmende Einbindung von Haustechnik und Beleuchtung in Hausleitsystemen, In-House- und Informationsnetzwerken (insbesondere auch bei den privaten Haushalten) könnte zu einem markanten Zuwachs beim Stromverbrauch führen.

Mit Blick auf die doch recht bedeutenden Effizienzsteigerungsmöglichkeiten bei elektrischen Geräten sollen die Forschungsanstrengungen und auch jene für Pilot- und Demonstrationsanlagen deutlich erhöht werden, wenn auch das absolute Niveau eher gering bleiben wird (heute gesamthaft 0.7 Millionen Franken, künftig 2 Millionen Franken jährlich). Das Haupteinsatzgebiet ist dort zu setzen, wo die Schweiz über eine eigene Produktion verfügt (z.B. in der Telekommunikation oder bei Haushaltgeräten) oder wo in Koordination mit internationalen Partnern Effizienzsteigerungen bei Geräten mit grossen Stückzahlen erreicht werden können.

### **Schwerpunkte der Forschung und Umsetzung 2000 – 2003**

– *Kurz- und mittelfristig:*

- *Effizienzsteigerung bei elektrischen Antriebssystemen, Pumpen und Ventilatoren*
- *Optimierung von Geräten mit grossen Stromverbrauch im Standby-Betrieb (inkl. Mess- und Prüfverfahren)*
- *Verbrauchsoptimierung bei Informations- und (Tele-)Kommunikationsgeräten und -systemen, bei gewerblichen Automaten (z.B. bei im Gastro-, Hotellerie- und Unterhaltungsbereich) sowie bei Haushaltgeräten*
- *Methoden und Grundlagen zur Verminderung des elektrischen Energieverbrauchs in Haustechniksystemen (inkl. Standards für Systeme mit tiefem Stromverbrauch)*
- *Effizienzsteigerung bei gewerblicher Kälte und Warmwasser*
- *Effizienzsteigerung und Verbrauchsoptimierung bei Hilfssystemen der Informationstechnologie (z.B. unterbrechungsfreie Stromversorgungsanlagen sowie Kälteanlagen) sowie der Klimatisierung gewerblicher Gebäude*
- *Demonstration effizienter Dienstleistungsgebäude (z.B. Lüftung, Klimatisierung, Beleuchtungskonzepte, EDV-Netzwerke)*

– *Langfristig:*

- *Grundlagen für effiziente Powermanagementsysteme in Computernetzwerken*

## **WÄRME-KRAFT-KOPPLUNG (INKL. BRENNSTOFFZELLEN)**

### **Wärme-Kraft-Kopplung**

Mit Wärme-Kraft-Kopplungs-Anlagen (WKK-Anlagen) wird gleichzeitig Elektrizität bzw. mechanische Energie und Wärme erzeugt. Der energetische Vorteil solcher Anlagen liegt in der besseren Nutzung der Wertigkeit des Brennstoffs (Exergie). Zudem wird die Abwärme, die bei der Elektrizitätsproduktion entsteht, genutzt. Damit wird der Energieinhalt der Brennstoffe deutlich

besser ausgenutzt als in üblichen Heizkesseln oder bei einer getrennten Erzeugung von Wärme und Strom. Energetisch besonders interessant ist die Kombination von WKK-Anlagen und Wärmepumpen (vgl. Bereich Umgebungswärme). **Fossil betriebene WKK muss in der Schweiz jedoch mit Wärmepumpen kombiniert betrachtet werden, um eine Erhöhung der CO<sub>2</sub>-Produktion zu vermeiden.** Diese Einschränkung gilt selbstverständlich nicht, wenn erneuerbare Energieträger eingesetzt werden.

In der Schweiz werden heute rund 1'200 GWh Strom mit Wärme-Kraft-Kopplungs-Anlagen erzeugt, davon in der Industrie allein rund 700 GWh (Zahlen für 1996). Die Tendenz ist steigend, zumal die fossilen Energien sehr billig und Elektrizität für viele Konsumenten (auch in der Industrie) im internationalen Vergleich immer noch eher teuer ist und sich der Betrieb einer WKK-Anlage heute ökonomisch durchaus lohnen kann. **Potentialabschätzungen für die Schweiz zeigen, dass bei eingermassen wirtschaftlichen Bedingungen etwa das Vierfache der heutigen WKK-Stromproduktion erreicht werden könnte.**

WKK-Anlagen (je nach Zusammenhang auch Blockheizkraftwerke genannt) können heute als technisch weitgehend ausgereift und praxiserprobt gelten. **Die offenen Fragen kreisen vor allem um die Schadstoffemissionen ohne Sekundärmaßnahmen, den Teillastbetrieb, kleinere Anlagen, um die Betriebsoptimierung und auch um den Einsatz spezieller Brennstoffe.**

In den kommenden Jahren soll – bei im wesentlichen gleichbleibenden Mitteln - gegenüber heute eine stärkere Betonung der Forschungsarbeiten erfolgen; diese sollen von jährlich 0.5 Millionen auf 2 Millionen Franken ansteigen, wobei die Aufwendungen für Pilot- und Demonstrationsanlagen stark gekürzt werden, von 2.7 auf 1 Million Franken pro Jahr.

### **Schwerpunkte der Forschung 2000 - 2003**

- *Effizienter Teillastbetrieb (variable Wärmeleistung)*
- *Systemoptimierung*
- *Kurztestmethode / Fehlerdiagnose*
- *Fortgeschrittene WKK-Anlagen zur schadstoffarmen Nutzung von Biomasse, Holz und andern nachwachsenden Rohstoffen*

### **Schwerpunkte der Umsetzung 2000 - 2003**

- *Demonstrationsanlagen für die Wärme-Kraft-Kopplung zur Nutzung von Biomasse u.ä.*
- *Einsatz von kleinen WKK-Anlagen mit elektrischem Wirkungsgrad über 33 Prozent (insbesondere Brennstoffzellen)*
- *Einheitliche Anschlussvorschriften für Blockheizkraftwerke*

### **Brennstoffzellen**

Mit Brennstoffzellen wird auf direktem Weg chemische Energie in elektrische Energie umgewandelt. Dabei sind Wirkungsgrade von bis zu 60 Prozent erreichbar. Insofern stellen Brennstoffzellen eine optimale Ausnutzung von Primärenergieträgern dar. Am verbreitetsten sind Wasserstoff-Brennstoffzellen. Andere mögliche Brennstoffe sind etwa Methan (Erdgas) und Methanol. Diese müssen aber zuerst reformiert werden (d.h. unter Bildung von Kohlendioxid wird Wasserstoff abgespalten). Viele flüssige, an sich geeignete Brennstoffe sind sehr wenig reaktiv und müssen deshalb erst in einem Konverter bei erhöhter Temperatur umgesetzt werden, was zusätzliche Kosten und Energieverluste bedeutet. Obwohl heute mit Wasserstoff und Erdgas betrie-

bene Brennstoffzellen am weitesten fortgeschritten sind, dürften längerfristig andere Energieträger an Bedeutung gewinnen.

**Brennstoffzellen bilden weltweit Gegenstand intensiver Forschung. Die Schweiz hat dabei einen hohen Stand erreicht. Schweizer Hochschulen und Firmen nehmen an verschiedenen internationalen Projekten teil.**

Angesichts der **grossen Bedeutung, die Brennstoffzellen schon in naher Zukunft im Verkehr aber auch im Gebäudebereich als dezentrale Elektrizitätsquellen haben könnten**, werden die Mittel in diesem Bereich weiter aufgestockt. Die heute jährlich für die Forschung eingesetzten rund 4 Millionen Franken sollen bis 2003 auf 6 Millionen Franken erhöht werden. Im Gleichschritt ist eine Zunahme auch bei den Pilot- und Demonstrationsprojekten vorgesehen. Die entsprechenden Mittel sollen von 0.6 auf 2 Millionen Franken jährlich steigen.

### ***Schwerpunkte der Forschung 2000 - 2003***

– *Kurz- und mittelfristig:*

- *Stationäre Anwendungen: Auswahl und Optimierung des Produktionsprozesses von Brennstoffzellen mit keramischen Elektrolyten (welche potentiell ökonomischer sind und weniger graue Energie beinhalten) sowie Anodenoptimierung*
- *Mobile Anwendungen: Materialprobleme im Zusammenhang mit der Verlängerung der Lebensdauern (Polymer-Zellen; Katalysatoren u.a.)*

### ***Schwerpunkte der Umsetzung 2000 - 2003***

- *Mobile Anwendungen: Ausrüstung von etwa 10 elektrisch angetriebenen Transportmitteln mit Wasserstoff-Brennstoffzellen im Leistungsbereich von einigen kW mit Speicherung, Umwandlung und Aufbereitung des Brennstoffes*
- *Stationäre Anwendungen: Installation von verschiedenen Wärm-Kraft-Kopplungsanlagen mit Erdgas-betriebenen Brennstoffzellen mit einer elektrischen Gesamtleistung von rund 5 MW*

## **VERBRENNUNG**

Mit einem Anteil von etwa 85 Prozent dominieren die fossilen Brennstoffe nach wie vor die weltweite Energieversorgung auf Primärenergiestufe. Zwar gibt es grosse regionale Unterschiede, aber an der globalen Situation wird sich vorläufig wohl kaum Wesentliches ändern, weder im Wärmemarkt noch im Verkehr. Die Verbrennung der fossilen Energieträger ist Hauptursache der anthropogenen Luftverschmutzung und vor allem auch für den Anstieg der CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre und damit für die erwarteten Klimaeffekte.

**Bessere Kenntnisse über die Verbrennungsvorgänge in herkömmlichen Technologien können mithelfen, die spezifischen Energieverbräuche zu senken und den Schadstoffausstoss zu reduzieren.** Aber auch mit einer **besseren Ausnützung der erzeugten Wärme** (z.B. über eine zweistufige Nutzung, wie in der Gas- und Dampfturbinen-Technologie) lässt sich der Verbrauch und damit der CO<sub>2</sub>-Ausstoss senken. **Der Einsatz alternativer Brennstoffe** (etwa Abfälle, Methanol oder Wasserstoff) hilft mit, **generiert aber zusätzliche technische Fragestellungen** (z.B. Prozessanpassungen). **Zweifellos werden jedoch alternative Brennstoffe zur Realisierung nachhaltiger Energie- und Stoffflüsse stark an Bedeutung gewinnen werden.**

**Die Schweizer Forschung und Industrie hat sich in der Verbrennungsforschung eine international anerkannte Kompetenz erworben.** Beispielsweise hat sie kürzlich weltweit erstmalig Diesel- und Gasmotoren mit minimalen Emissionen und höchstem Wirkungsgrad demonstriert.

Besonderes Know-how hat sie sich in numerischen Rechenverfahren, in Lasermessverfahren, in der Schadstoffanalytik, in der Konstruktion von Low-Nox-Brennern für Erdöl und Erdgas, von Gasturbinen und Wirbelschichtfeuerungen für Holz, Abfälle und Schweröl sowie in der Optimierung von Gesamtsystemen hinsichtlich Umweltbelastung und Wirkungsgrad erarbeitet. **Diese Fachkompetenz soll in internationaler Zusammenarbeit erhalten und auch weiter ausgebaut werden.**

Grundsätzlich sollen die Forschungsarbeiten darauf abzielen, die Gesamtwirkungsgrade zu erhöhen und die Schadstoffe zu reduzieren. **Das Schwergewicht ist dabei auf neue Verbrennungstechnologien zu setzen;** bei der noch weiter zu intensivierenden Umsetzung soll die Praxistauglichkeit der Forschungsergebnisse aufgezeigt werden.

Heute werden jährlich rund 14 Millionen Franken für F,E&D im Bereich Feuerungsanlagen ausgegeben. Dieser Stand ist zu halten, vor allem auch weil die Schweiz in diesem Bereich über eine international gesehen erfolgreiche eigene Produktionskapazität verfügt. Allerdings sollen die Mittel mehr in Richtung Umsetzung abzielen: Die Unterstützung von Pilot- und Demonstrationsprojekten soll bis 2003 von heute 0.8 Millionen Franken auf 3 Millionen Franken jährlich ansteigen.

### **Schwerpunkte der Forschung 2000 – 2003**

– *Kurz- und mittelfristig:*

- *Turbulente Verbrennung bei hohen Drücken (stationär und instationär)*
- *Gestufte Verbrennung*
- *Verbrennung alternativer Brennstoffe (speziell in Motoren)*
- *Minderung des Schadstoffausstosses und Rückstandsbehandlung*

### **Schwerpunkte der Umsetzung 2000 – 2003**

- *Demonstration der Praxistauglichkeit der Forschungsergebnisse in gezielter Zusammenarbeit mit der Industrie*
- *Aufbereitung von innovativen Komponenten (Gemischaufbereitung, Abgasnachbehandlung), produktenaher Sensorik und Simulationstools für die direkte Anwendung in der industriellen Entwicklung.*

## **PROZESSE (INKL. ABWÄRME)**

Viele **thermische Produktionsprozesse** in Industrie, Gewerbe, z.T. auch in den Dienstleistungen und in der Landwirtschaft weisen noch erhebliche technische Einsparpotentiale auf. **Mit technischen Mitteln und tragbarem Aufwand könnte der Energieverbrauch im Durchschnitt um schätzungsweise einen Viertel reduziert werden** (wobei im Einzelfall eine Spanne zwischen praktisch vernachlässigbarem und fast 100-prozentigem Sparpotential möglich ist). Es stehen vor allem Massnahmen der **Wärmerückgewinnung** im Vordergrund. Aber auch eine **bessere Prozessintegration** (über eine optimale energetische Verkopplung verschiedener Wärmequellen und -senken) und/oder eine **verbesserte Regelung** der Anlagen können zu einer erheblichen Reduktion des Energieverbrauchs beitragen. Zudem können in einigen Fällen völlig **neue Prozesskonzepte** (z.B. im Trocknungs-Bereich: Mikrowellentrocknung gegen konventionelle Konvektionstrocknung) den Energieverbrauch stark reduzieren. Allerdings gilt in der Mehrzahl all dieser Fälle: Die zu treffenden Massnahmen sind, wenn sie nur auf die Energie

bezogen werden, bei den heutigen Energiepreisen nicht oder nur knapp wirtschaftlich. Hier stellt

sich denn auch die Frage nach den relevanten Wirtschaftlichkeitskriterien, wenn weitere Aspekte einbezogen werden - wie z.B. geringere Umweltbelastung, bessere Betriebsführung, mögliche Entlastung der Unternehmen von detaillierten regulatorischen Auflagen u.a.

Falls eine rationellere Energieverwendung bei konventionellen, gut bekannten Prozessen angestrebt wird, ist nur ein kleiner Forschungsbedarf gegeben. **Wenn es jedoch um völlig neue Technologiekonzepte geht, die bisherige Verfahren substituieren sollen, ist mit einem grösseren Bedarf an Forschung und Entwicklung zu rechnen.** Vor allem in der Nahrungsmittel- und Papierindustrie, aber auch in der Chemie und in der Metallindustrie sind für bestimmte Prozesse neue Lösungen möglich, die den Energieverbrauch und/oder die mit den Materialflüssen verbundenen Umweltbelastungen stark vermindern können. Von speziellem Interesse sind auch sogenannte Querschnittstechnologien, die nicht an bestimmte branchenbezogene Anwendungsvoraussetzungen gebunden sind, sondern allgemein eingesetzt werden können (z.B. fortschrittliche Motoren, Membranen, luftfreies Trocknen, tribologische Massnahmen).

Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass der Hauptteil der technisch orientierten Forschung von der Industrie selbst zu tragen ist. Denn je spezifischer die Energiesparbemühungen auf ganz bestimmte Prozesse ausgerichtet werden, desto weniger können die so gewonnenen Erkenntnisse auf andere Anwendungsfälle übertragen werden. Dies ist für die öffentlich finanzierte Energieforschung aber eine wichtige Vorbedingung. **Die öffentliche Förderung muss sich damit auf eher branchenübergreifende Prozesse oder (Optimierungs-)Verfahren konzentrieren, insbesondere auf die Querschnittstechnologien (zu denen zum grossen Teil auch die Abwärmenutzung gehört.)** Die eingesetzten Gelder sollen bei den heutigen gesamthaft 4 Millionen Franken jährlich bleiben, wobei Pilot- und Demonstrationsanlagen in den nächsten Jahren stärker unterstützt werden sollen, nämlich bis 2003 auf 1 Million Franken pro Jahr steigend (was gegenüber dem heutigen Stand eine Verdopplung bedeutet).

### ***Schwerpunkte der Forschung und Umsetzung 2000 – 2003***

– *Kurzfristig:*

- *Identifikation von Querschnittstechnologien, die in der Schweiz von Bedeutung sind und Abklärung des entsprechenden Forschungsbedarfs*
- *Potentialabschätzung der Abwärmenutzung mit klassischen und innovativen Nutzungstechnologien*
- *Untersuchung des Einflusses neuer Produktionstechnologien (wie Automatisierung, Robotisierung, High Speed Cutting u.a.) und Prozesskontrolltechnologien auf den Energieverbrauch*
- *Erweiterte Wirtschaftlichkeitskriterien (externe Kosten, bessere Betriebsführung, mögliche Entlastung von detaillierten regulatorischen Auflagen usw.)*
- *Veränderung von Energie- und Materialflüssen zugunsten geringerem Energieverbrauch und geringerer Umweltbelastung (Optimierung bestehender und Entwicklung neuer Verfahren, Weiterentwicklung der Prozessintegrationsmethoden und Anwendung an ausgewählten Pilotprojekten)*

## 5.2 ERNEUERBARE ENERGIEN

Während die rationelle Energienutzung vor allem kurz- und mittelfristig von grosser Bedeutung ist, **werden die erneuerbaren Energien langfristig eine Hauptrolle bei der Sicherung einer nachhaltigen Energieversorgung zu übernehmen haben.** Die Kosten für erneuerbare Energien sind in vielen Fällen noch wesentlich höher als die entsprechenden Kosten für konventionelle Energien. Wenn zukünftig stärker mit den externen Kosten der verursachten Umweltbelastungen gerechnet wird, dann verschieben sich die Gewichte zugunsten der erneuerbaren Energien. Vor allem auch dann, wenn die Versorgungssicherheit mitberücksichtigt wird; denn erneuerbare Energie ist ja auch heimische Energie.

**Die Schweizer Industrie ist gut für die Herstellung der meisten Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energie gerüstet. Für viele Produkte bestehen auch gute Exportchancen.** Für die Schweiz stehen die folgenden Forschungsgebiete im Vordergrund: Sonnenenergie, Umgebungswärme (Wärmepumpen), Biomasse, Geothermie, Wind und Wasser. Angesichts der zukünftigen grossen Bedeutung der erneuerbaren Energien ist ein beträchtlicher Forschungsaufwand gerechtfertigt, der noch leicht gesteigert werden soll, von gesamthaft rund 63 Millionen auf rund 70 Millionen Franken pro Jahr bis 2003. Diese Steigerung soll vor allem Aufwendungen für Pilot- und Demonstrationsanlagen zugute kommen (welche von 15 auf 19 Millionen Franken angehoben werden sollen).

### SONNENENERGIE

Bei der Nutzung der Sonnenenergie werden drei Hauptrichtungen unterschieden: Solarwärme, Photovoltaik und Solarchemie (inkl. Wasserstoff).

#### Solarwärme

Mit "aktiver" Nutzung von Solarwärme ist die Wärmegewinnung mit Sonnenkollektoren gemeint, mit "passiver" Nutzung die Aufnahme der Sonnenenergie durch das Gebäude selbst. Die passive Gewinnung der Sonnenenergie betrifft also insbesondere die Architektur des Gebäudes; mit dazu gehört auch die Nutzung des Tageslichtes.

Die heute (Ende 1997) in der Schweiz installierten Sonnenkollektoren haben eine Wärmeleistung von mehr als 260 MW mit einem Jahresertrag von über 120 Millionen kWh. Schwer quantifizierbar – aber bedeutend – sind die Beiträge der passiven Solarenergienutzung (immerhin wird selbst auf dem Jungfrauoch noch rund 20 Prozent des jährlichen Heizenergiebedarfes durch die passive Solarenergie gedeckt).

**Heute werden zur aktiven Nutzung der Sonnenenergie technisch ausgereifte Systeme angeboten, z.B. Warmwasseranlagen mit und ohne Unterstützung durch eine Zusatzheizung. Aber noch sind die Gestehungskosten im Vergleich zur fossilen Wärmeerzeugung zu hoch** und liegen bei Flachkollektoren im Bereich von 25 bis 35 Rappen je kWh (fossil: 5 bis 15 Rappen). Damit ist die Wirtschaftlichkeit bei guten Systemvoraussetzungen aber in greifbare Nähe gerückt. Bei unverglasten Kollektoren (etwa für Schwimmbäder und für die Heutrocknung) ist die Wirtschaftlichkeit teilweise schon heute erreicht. Ebenso können Massnahmen zur passiven Solarnutzung in der Regel kostengünstig durchgeführt werden.

Angebot der Sonnenenergie und Nachfrage nach **Raumwärme und Warmwasser** fallen vielfach zeitlich auseinander. Es stellt sich damit die Frage der technischen und ökonomischen **Speichermöglichkeiten sowohl im Sinne einer Saisonspeicherung über einige Monate hinweg als auch im Sinne einer eher kurzfristigen Überbrückung einer Schlechtwetterperiode.**

**Sowohl in der aktiven wie in der passiven Nutzung der Sonnenenergie hat die Schweiz einen hohen, auch international anerkannten Stand erreicht. Dieser Kenntnis- und Anwendungsstand soll gesichert und vermehrt werden,** wobei einer (noch) besseren Umsetzung hohes Gewicht beizumessen ist. Entsprechend ist vorgesehen, die Gesamtaufwendungen zu steigern, von heute 10.4 Millionen Franken auf künftig 12 Millionen Franken je Jahr.

### **Schwerpunkte der Forschung 2000 – 2003**

*(Für passive Nutzung: siehe auch Kapitel "Gebäude")*

#### *– Kurzfristig:*

- *Materielle und systemtechnische Verbesserung der Anlagen zur aktiven und passiven Sonnenenergienutzung in Wohnhäusern (passiv speziell bei Mehrfamilienhäusern)*
- *Gesamtheitliche Optimierung (Ausnutzung von Synergieeffekten): Energiesparen und aktive und passive Sonnenenergienutzung mit dem Ziel, innerhalb 10 Jahren die Wirtschaftlichkeitsgrenze von Systemen zu erreichen.*
- *Erhöhung der Systemeffizienz und Reduktion der Kosten bei der saisonalen Wärmespeicherung*
- *Wärmespeicherung im Wassertank: Optimierung der Temperatur-Schichtung*
- *Deckung des gesamten Wärmebedarfs (Raumheizung und Warmwasser) eines Gebäudes durch Sonnenenergie (kein Zusatzkessel im Keller)*
- *Entwicklung innovativer Solarfassaden zur gleichzeitigen/alternativen Gewinnung von Licht, Wärme und Strom (unter Berücksichtigung der Ästhetik)*

#### *– Mittel- bis langfristig:*

- *Verbesserte Regelung von solarthermischen Anlagen zur Erhöhung der exergetischen Effizienz*
- *Sonnenenergienutzung in Dörfern und Städten (Raumplanung)*

### **Schwerpunkte der Umsetzung 2000 - 2003**

- *Simulationsprogramme für die aktive Sonnergienutzung für Projektierende (mit Meteo-Daten)*
- *Qualitätssicherung von solarthermischen Anlagen: Tests und Zertifizierung*
- *Sanierung von öffentlichen Bauten und von Industriehallen*
- *Information: Handbuch über Solararchitektur, Vorlesungsmodule für die Hochschulausbildung, praxistaugliche EDV-Werkzeuge*
- *Realisierung von P+D-Projekten zur aktiven und passiven Solarnutzung; insbesondere auch zur Wärmespeicherung*

### **Photovoltaik**

Die Technologie der Stromerzeugung mit Solarzellen hat in der Schweiz einen beachtlichen Stand erreicht. Dies gilt sowohl für Forschung und Entwicklung, als auch in der Umsetzung und der Anwendung. Photovoltaiksysteme sind technisch ausgereift und produzieren zuverlässig elektrische Energie. In der Schweiz sind Ende 1997 Photovoltaikanlagen mit einer Gesamtleistung von über 10 MW installiert, deren Jahresproduktion rund 8 Millionen kWh erreicht. **Das Haupthindernis für eine breite Anwendung sind die immer noch hohen Gestehungskosten:**

im Durchschnitt muss man mit über einem Franken je kWh rechnen. Deshalb müssen diese Kosten in naher Zukunft deutlich reduziert werden, angestrebt werden 50 Rappen je kWh bis 2003.



Etwa 50 Prozent der Gestehungskosten des Solarstromes gehen auf das Konto der Zellen und Module. **Es gilt also einerseits deren Herstellungskosten zu reduzieren und ihre Wirkungsgrade zu erhöhen.** In absehbarer Zeit kommt in diesem Zusammenhang den Dünnschichtzellen eine grosse Bedeutung zu. **Andererseits muss zur weiteren Kostenreduktion die elektrische Systemtechnik weiter vereinfacht und standardisiert werden. Zudem sind die Verfügbarkeit und die Vielfalt von industriellen Produkten zur Integration der Solarzellen in Gebäuden zu erhöhen.**

**In vielen Forschungsbereichen der Photovoltaik nimmt die Schweiz eine Spitzenstellung ein** (etwa bei den Siliziumdünnschicht- und Farbstoffzellen und bei der baulichen Integration). Angesichts dieser guten Ausgangslage und angesichts des grossen Potentials der Photovoltaik ist es angezeigt, die Forschungsanstrengungen nochmals zu steigern. Es wird deshalb eine Anhebung der bereitgestellten Mittel von heute 15.5 Millionen Franken bis 2003 auf 18 Millionen Franken je Jahr vorgesehen; auch die Mittel für Pilot- und Demonstrationsanlagen sollen etwas angehoben werden (auf ca. 4 Millionen Franken pro Jahr).

### ***Schwerpunkte der Forschung 2000 – 2003***

#### *– Kurz- und mittelfristig*

- *Optimierung der Spezifikationen und Herstellungsverfahren von Dünnschichtzellen auf der Basis von Silizium bei spezieller Berücksichtigung des Kostenaspektes und der Übertragung auf den technisch-industriellen Massstab*
- *Zelltechnologien für hybride Energiesysteme mit Identifikation von wichtigen Materialoptionen*
- *Kostengünstige und standardisierte Komponenten und Systeme für die Integration im Gebäude (inkl. Materialkombinationen und Laminierverfahren)*
- *Langzeiterfahrung von Komponenten (insbesondere Module) und Systemen vor allem bezüglich Alterungsprozesse*
- *Einfache und standardisierte Systeme zur Überwachung*
- *Elektrische Systemkomponenten mit integrierten Funktionen (Sicherheit und Datenverarbeitung)*

### ***Schwerpunkte der Umsetzung 2000 - 2003***

- *Pilotmässige Produktionsverfahren für Solarzellen auf der Basis von Silizium (Optionen: Dünnschicht, Bandziehverfahren); Fläche mindestens 30 cm mal 30 cm*
- *Neue industrielle Verfahren (Laminierung) und integrierte Lösungen (Dach- und Fassadensysteme) für die Gebäudeintegration.*
- *Kostengünstige Standardlösungen für Anlagen und Komponenten*
- *Betrieb von Photovoltaikanlagen mit hohem Innovationscharakter (inkl. hybride Konzepte)*
- *Spezifische Messkampagnen zur Qualitätssicherung*

### **Solarchemie (inkl. Wasserstoff)**

Die Solarchemie befasst sich mit der Gewinnung von Grundstoffen in photo- und thermochemischen Prozessen, bei denen der Energieinput zu einem massgeblichen Teil von der

Sonne bestritten wird. Diese Prozesse können bei Raumtemperatur und/oder bei sehr hohen Temperaturen oder Lichtkonzentrationen ablaufen. Beispiele sind die photochemische Wasserspaltung, das Rösten von Erzen oder die Zementherstellung. Diese Prozesse befinden sich teil-

weise noch im Stadium der Grundlagenforschung, **könnten aber langfristig eine entscheidende Bedeutung für die Energieversorgung erlangen. Denn einerseits liessen sich damit grosse Mengen an fossilen Brennstoffen und auch an Elektrizität substituieren; andererseits können damit verschiedene Stoffkreisläufe geschlossen werden. Insbesondere ist hier auch an die (solare) Einbindung von CO<sub>2</sub> in industriell nutzbare Grundchemikalien zu denken.**

Mit zur Solarchemie werden neben der Herstellung von Wasserstoff sämtliche übrigen wasserstoffbezogenen Aktivitäten gezählt, wie Speicherung, Verteilung, neue Anwendungen.

Auch wenn die Solarchemie deutlich stärker als die andern Bereiche der Sonnenenergieforschung als Grundlagenforschung zu betrachten ist, muss die Schweiz in diesem Bereich aktiv bleiben. Nicht zuletzt hat das **PSI in der Solarchemie einen ausgezeichneten internationalen Ruf**. Die Forschungsanstrengungen sollen etwa konstant bleiben (bei rund 14 Millionen), die Anstrengungen für Pilot- und Demonstrationsanlagen hingegen zunehmen (von heute 0.3 auf 2 Millionen Franken).

### **Schwerpunkte der Forschung und Umsetzung 2000 – 2003**

– *Kurz- und mittelfristig:*

- *Solarthermische Spaltung von Wasser bzw. Bereitstellung von Wasserstoff (durch den Zinkoxid/Zink-Zyklus)*
- *Neue Speicher (bzw. Speichermaterialien) für Wasserstoff (z.B. Nanotubes)*
- *Neue Systeme der Wasserstoffverteilung und -nutzung (neue technische Anwendungen und Prozesse, inkl. ökonomische Fragestellungen)*
- *(Solare) Einbindung von CO<sub>2</sub> in industriell nutzbaren Grundchemikalien*
- *Solarthermisch unterstützte (Hochtemperatur-)Immobilisierung toxischer Metallverbindungen und Metalle (z.B. in Keramikmatrizen)*
- *Solarthermische (Niedertemperatur)Prozesse zur Trocknung von Nahrungsmitteln*
- *Solarthermisches Kalkbrennen als Teilprozess bei der Zementherstellung (technische und ökonomische Fragestellungen)*

– *Längerfristig:*

- *24-Stunden-Solkraftwerk auf der Basis eines Ammoniak/Wasserstoff/Stickstoff-Zyklus*
- *Nachhaltige Energie- und (Roh-)Stoffsysteme, die auf der Kombination verschiedener Energieformen und Energietechnologien beruhen (Beispiele: Wasserstoff/Biomethanol/Holz als Baustoff und als Energieträger/Brennstoffzelle/Treibstoffe)*

### **UMGEBUNGSWÄRME (WÄRMEPUMPEN)**

Rund die Hälfte des schweizerischen Energieverbrauchs wird für die Raumheizung und die Warmwasseraufbereitung benötigt. Dabei bleibt man weit hinter den heutigen technischen Möglichkeiten zur effizienten Nutzung der Primärenergie zurück. Hier könnte mit dem Einsatz von Wärmepumpen eine erhebliche Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen und des Bedarfs fossiler Brennstoffe erreicht werden – selbst wenn der für den Betrieb der Wärmepumpe nötige Strom fossilthermisch erzeugt wird. **So lassen sich etwa durch eine optimale Kombination eines Blockheizkraftwerkes (vgl. den Bereich Wärme-Kraft-Kopplung) mit einer Elektrowärmepumpe gegenüber üblichen Öl- oder Gasheizkesseln bereits heute Einsparungen von 30 bis 45 Prozent realisieren.**

Nachdem im Neubaubereich die Wärmepumpe bei Einfamilienhäusern einen Marktanteil von rund 40 Prozent erreicht hat (mit steigendem Anteil an Erdsonden als Wärmequelle, vgl. auch die

Ausführungen zur Geothermie), **steht für die Forschung vor allem die Entwicklung einer effizienten kostengünstigen Wärmepumpe für den Sanierungsmarkt im Vordergrund.** Diese soll gegenüber den heutigen Wärmepumpen u.a. eine höhere Arbeitszahl bei kleinem Speichervolumen erreichen, den Betrieb mit Vorlauftemperaturen bis 60°C. ermöglichen, möglichst natürliche Arbeitsmittel verwenden und dank modularem Aufbau, gemeinsamer Entwicklung und Serienproduktion kostengünstiger werden.

**Um den Erfolg der Wärmepumpen weiterzuführen** und um vor allem mit der schweizerischen Neuentwicklung in den anvisierten Sanierungsmarkt vordringen zu können, **braucht es eine starke Intensivierung der Forschungs- und Umsetzungsanstrengungen:** Deshalb sollen die Mittel in den kommenden Jahren aufgestockt werden, von heute gesamthaft 3.7 auf 7 Millionen Franken jährlich. Mehr als die Hälfte der Steigerung soll dabei Pilot- und Demonstrationsprojekten zugute kommen.

### **Schwerpunkte der Forschung 2000 – 2003**

– *Kurz- und mittelfristig:*

- *Grundlagen für die Swiss Retrofit Heat Pump (neue Kreisprozesse, Komponenten mit geringem Flüssigkeitsbetriebsinhalt, intelligente Regelung, Sicherheitssystem für natürliche Arbeitsmittel, Vereinfachungsmaßnahmen zur Kostenreduktion u.a.)*
- *Dynamischer Wärmepumpentest zur Erfassung der Leistungs- und COP-Minderung bei taktendem Betrieb*
- *Systemoptimierung und Auslegung von Gesamtanlagen: Kurztestmethode zum Steigern der Effizienz und Betriebssicherheit von Heizsystemen*

– *Langfristig:*

- *Verbessern von Verdampfern und Kondensatoren (Reduktion der mittleren Temperaturen und des Holdups, Optimieren der Soleumwälz- bzw. Gebläseleistung und des Abtauvorganges)*
- *Neue Technologie für CO<sub>2</sub> als natürlichem Arbeitsmittel*
- *Diffusions-Absorptionswärmepumpe höherer Leistung*

### **Schwerpunkte der Umsetzung 2000 – 2003**

- *Potential zur Effizienzsteigerung in allen Leistungsstufen ausschöpfen*
- *Serienreife der Swiss Retrofit Heat Pump*
- *Vereinfachung von Bewilligungsverfahren für die Wärmequellennutzung*

## **BIOMASSE (HOLZ, ABFÄLLE, NACHWACHSENDE ROHSTOFFE)**

Jährlich werden rund **6'000** Millionen kWh Energie aus Biomasse gewonnen. Davon entfallen ca. 90 Prozent auf das **Holz; der effektive Anfall an Energieholz würde aber eine doppelt so grosse Nutzung erlauben** (rund 10'000 Millionen kWh). Rund 2'000 Millionen kWh werden heute aus flüssigen und festen **organischen Abfällen in allen Verbrauchssektoren sowie aus nachwachsenden Rohstoffen bestritten. Das Potential wäre aber rund 10 mal grösser.** Die Techniken zur Energiegewinnung aus Biomasse sind weitgehend bekannt und erprobt. **Offene Fragen stellen sich aber vor allem noch in den Bereichen Vergärung und Vergasung von organischen Abfällen. Zudem stellt die Verbrennung nach wie vor lufthygienische Probleme (etwa beim Holz).**

Die heute eingesetzten Mittel in diesem Forschungsbereich sind nur knapp ausreichend für die Klärung der noch offenen Fragen. Für die künftigen Jahre ist deshalb von einem mindestens gleichbleibenden Gesamtbudget von gegen 10 Millionen Franken je Jahr auszugehen, wovon etwa 3 Millionen Franken für Pilot- und Demonstrationsanlagen vorzusehen sind.

### **Schwerpunkte der Forschung 2000 – 2003**

– *Kurz- und mittelfristig:*

- *Feuerungstechnik bei der Holzverbrennung: Optimierung der Brennkammer, Stickoxydminderung*
- *Luftreinhaltechnik bei der Holzverbrennung: Effiziente Partikelabscheidung als Primär- oder Sekundärmassnahme*
- *Vergasung von Holz zur Strom- und Wärmeerzeugung und Vergleich mit andern Prozessen*
- *Vergärung verschiedenartigster organischer Abfälle und Abwässer*
- *Treibstoffe aus Energiegras, Landschaftspflegeheu, Ölsaaten usw.*

### **Schwerpunkte der Umsetzung 2000 – 2003**

- *Technische Möglichkeiten zur Kostensenkung von Anlagen demonstrieren*
- *Qualitätssicherung bei Holzverbrennungsanlagen*
- *Betrieb einer Pilotanlage zur Vergasung von Holz und Holzabfällen*
- *Betrieb einer Pilotanlage zum Verbrennen landwirtschaftlicher Biomasse (Energiegras, Hofdünger usw.)*
- *Programm für teilweisen Selbstbau von landwirtschaftlichen Biogasanlagen*

## **GEOOTHERMIE**

Die Energieproduktion aus sämtlichen schweizerischen geothermischen Anlagen betrug 1997 387 GWh, wobei die Erdwärmesonden einen Anteil von 75 Prozent erreichten, jene aus dem Grundwasser 10 Prozent, horizontale Erdkollektoren 8 Prozent. Der Rest verteilte sich auf Tiefbohrungen, Energiepfähle, Tunnelwässer und tiefe Erdwärmesonden. **Grundsätzlich würde das Potential ausreichen, einen Grossteil des Wärmebedarfs der Schweiz zu decken.**

Die bisherige Nutzung der Erdwärme in der Schweiz konzentriert sich also vor allem auf die "untiefe Geothermie", insbesondere auf die Erdwärmesonden. Es handelt sich dabei um 100 bis 200 Meter tiefe vertikale Wärmetauscher, welche in Kombination mit Heizungswärmepumpen betrieben werden. Diese kommen vor allem bei Einfamilienhäusern zum Einsatz. Es sind aber auch schon einige Erdwärmesonden in Betrieb, welche Tiefen von über 1500 Metern erreichen. Erdwärmesonden können als technisch ausgereift betrachtet werden.

Die Nutzung von Heisswasser aus grossen Tiefen für die (kombinierte) Wärme- und Stromproduktion wird in verschiedenen Ländern bei günstigen geothermischen Voraussetzungen schon heute erfolgreich praktiziert. **Auch in der Schweiz soll mit dem Hot Dry-Rock-Verfahren (d.h. dem Aufbrechen von trockenen Spalten in mehreren 1000 Metern Tiefe zur Erhitzung von eingepresstem Kaltwasser) ein Schritt in diese Richtung getan werden. Weitere Aktivitäten erfordern Verbesserungen bei tiefen Erdwärmesonden und Einsatzbedingungen von Energiepfählen.**

Zentrale Fragen für die Nutzung der Erdwärme im Hot-Dry-Rock-Verfahren sind noch nicht zufriedenstellend gelöst. Die Natur dieser Fragen und der vorgesehenen P+D-Projekte rechtfertigen es, die zugeteilten Mittel in etwa konstant zu halten.

## **Schwerpunkte der Forschung und Umsetzung 2000 – 2003**

– *Kurz- und mittelfristig:*

- *Hot-Dry-Rock-Verfahren: Modellierung des Wärmetausches im Untergrund*
- *Verbesserung der Wirtschaftlichkeit von Erdwärmesonden-Anlagen durch Verbilligung von Bohrtechnologien und Vereinfachung der Installationsmethodik für tiefe Erdwärmesonden (bis etwa 500 Meter Tiefe)*
- *Untersuchung des Einflusses von Temperaturschwankungen auf die Mantelreibung von Energiepfählen*
- *Effektive Projektrealisierungen für die Nutzung von warmen Tunnelabwässern und nicht mehr genutzten Tiefbohrungen.*
- *Abklärungen zur Festlegung eines optimalen Standortes für eine Hot Dry Rock P+D-Anlage in der Schweiz*

## **WIND**

Weltweit stehen, vor allem in Küstenländern, viele tausend Windkraftanlagen zur Stromerzeugung in Betrieb. In der Schweiz finden sich zur Zeit (anfangs 1999) 14 Anlagen mit einer gesamten installierten Leistung von über 2.8 MW, welche jährlich rund 2.7 Million kWh produzieren. **Für das ganze Land wurde ein Gesamtpotential von rund 1'600 GWh (ca. 3.5% des heutigen Stromverbrauchs) ermittelt.** Allerdings ist die Windkraft mit Akzeptanz-Problemen konfrontiert, so dass nur eine Teilerschliessung der Möglichkeiten z.B. mit kleineren Windparks (3 bis 10 Anlagen) in Frage kommt. Da zudem kleinere Anlagen bis Leistungen von einigen 100 kW als ausgereift und technisch zuverlässig gelten, **kann sich die technische Forschung und die Umsetzung auf einige Nischen im Elektronikbereich beschränken.** Deshalb ist eine Reduktion der Mittel von heute 1.5 auf künftig 1 Million Franken je Jahr vertretbar, wobei diese Mittel vor allem zur Förderung von Pilot- und Demonstrationsprojekte eingesetzt werden sollen.

## **Schwerpunkte der Forschung und Umsetzung 2000 – 2003**

– *Kurz- und mittelfristig:*

- *Standortabklärungen und Projektentwicklungen im gebirgigen Terrain unter klimatisch schwierigen Voraussetzungen (Modellierung, Messdatenerfassung unter vereisenden Bedingungen)*
- *Förderung von Einzelprojekten für Nischenprodukte wie eisfreie Anemometer, optimierte Leistungselektronik u.a.*
- *Klärung von windenergiespezifischen Akzeptanz-Problemen*

## **WASSER**

Klein- und Kleinstwasserkraftwerke haben in der Schweiz eine grosse Tradition. Beispielsweise wiesen die Wasserrechtsregister 1914 rund 7000 Anlagen bis 10 MW Leistung aus. Über 90 Prozent dieser Anlagen verfügten über eine Leistung von weniger als 300 kW, wie Wasserräder oder Kleinturbinen. Wegen der zunehmenden Konkurrenz von billiger produzierenden Grosskraftwerken, den flexibler einsetzbaren Verbrennungsmotoren und vor allem auch wegen Umweltauflagen (Restwasser, Fischtreppe) setzte ein starker Schrumpfungsprozess ein. 1985 waren es noch gesamthaft rund 1000 Anlagen. Seit der Förderung von Kleinstwasserkraftwerken durch den Bund ab 1992 zeichnet sich nun eine Trendwende ab: So gehen jetzt jährlich mehr als ein Dutzend Kleinstwasserkraftwerke neu oder nach einer langjährigen Stilllegungspause wieder ans Netz.

**Es kann erwartet werden, dass der Forschungs- und Entwicklungsbedarf zur Nutzung der Wasserkraft zukünftig verstärkt von der Privatwirtschaft getragen wird.** Dies rechtfertigt es, die Mittel der öffentlichen Hand erheblich zu senken. Vorgesehen ist eine Reduktion von heute 5.7 auf künftig 2 Millionen Franken je Jahr vor. Diese Kürzung soll jedoch einzig zulasten der Forschung gehen. Pilot- und Demonstrationsanlagen sollen weiterhin mit 1 Million Franken je Jahr gefördert werden.

### ***Schwerpunkte der Forschung und Umsetzung 2000 – 2003***

– *Kurz- und mittelfristig:*

- *Standardisierte Kompaktbauarten für Kleinstkraftwerke (zur Kostenreduktion)*
- *Analyse von ausgewählten Pilot- und Demonstrationsanlagen (inkl. ökonomischer und ökologischer Bewertung), insbesondere im Niederdruckbereich*
- *Unterstützung innovativer Lösungen (insbesondere für Kompakt- und Einfachbauweisen)*

## **5.3 KERNENERGIE**

### **KERNSPALTUNG**

**Die Kernkraftwerke sind mit einem Produktionsanteil von rund 40 Prozent neben den Wasserkraftwerken ein Hauptpfeiler der Schweizer Stromerzeugung.** Damit ist die schweizerische Elektrizitätsproduktion weitgehend CO<sub>2</sub>-frei; und im Moment gibt es keine andere wirtschaftliche Möglichkeit, den Stromanteil der Kernenergie ohne massive Vergrößerung des CO<sub>2</sub>-Ausstoss durch andere Technologien zu ersetzen. Andererseits lässt sich die Nutzung der Kernenergie rechtfertigen, wenn das erreichte hohe Sicherheitsniveau erhalten bleibt und die Entsorgung radioaktiver Abfälle vorangetrieben wird. **Sicherheitsforschung ist somit für den Betrieb von Kernkraftwerken weiterhin wichtig.** Der Anreiz für eine fortwährende Risikominderung muss aber auch durch eine Neugestaltung der Haftung gestärkt werden. Auch die Lagerung der langlebigen radioaktiven Abfälle birgt technisch und politisch schwierige Probleme.

**Kernenergieforschung wird auch benötigt, um eine ausreichende inländische Kompetenz in nuklearen Fragen zu bewahren und zu pflegen.** Denn unabhängig davon, was längerfristig das Schicksal der Kernenergie sein wird (Weiterbetrieb, Ausbau oder Ausstieg), wird diese Kompetenz aus Sicherheitserwägungen heraus unabdingbar sein. Zudem sind auch nichtenergetische Anwendungen nuklearer Kenntnisse zu erwähnen, sei es in der Medizin, in der übrigen Forschung und in der Industrie. Bundeseigene Forschung ist auch notwendig als Voraussetzung für eine effiziente Zusammenarbeit an internationalen Projekten und für die Förderung den notwendigen Nachwuchsen.

Es ist jedoch vertretbar, dass die öffentlichen Mittel für diesen Bereich weiter abnehmen: Insbesondere für die Forschung zur Entsorgung, aber auch für die Weiterentwicklung von Reaktorsystemen (inkl. Brennstoffzyklen) und zum Teil auch für die Sicherheitsforschung **soll in verstärktem Masse die Privatwirtschaft aufkommen.** So wird gewährleistet, dass die Verbraucher von Elektrizität über den Strompreis die Kosten der Sicherheitsvorkehrungen und der Entsorgung tragen (Kostenwahrheit). Die gesamthaft für diesen Bereich zur Verfügung stehenden Mittel von heute 30.6 Millionen Franken je Jahr sollen bis 2003 schrittweise auf 21 Millionen Franken reduziert werden. Allerdings sind die vorgeschlagenen Kürzungen für die drei hier unterschiedenen Forschungsbereiche (Sicherheitsforschung zu den in Betrieb stehenden Kraftwerken, Radioaktive Abfälle und Vorausschauende Forschung) unterschiedlich bedeutsam.

## Sicherheitsforschung zu den in Betrieb stehenden Kernkraftwerken (inkl. regulatorische Forschung)

Von der Zielsetzung her ist zwischen technisch-wissenschaftlicher und regulatorischer Forschung zu unterscheiden – auch wenn die Übergänge fließend sind. Bei der ersten geht es um die Gewinnung weiterer wissenschaftlicher Kenntnisse und ihrer Umsetzung. Mit der zweiten sollen den Sicherheitsbehörden die nötigen Beurteilungsgrundlagen bereitgestellt werden, damit diese eine unabhängige Überprüfung und Beurteilung von Sicherheitsmassnahmen nach dem aktuellen, weltweit anerkannten Stand der Wissenschaft und Technik vornehmen können. Angesichts des zunehmenden Alters der Kernanlagen **muss insbesondere den Alterungsmechanismen ausreichende Aufmerksamkeit gewidmet werden.**

Trotz des hohen Sicherheitssandards der schweizerischen Kernkraftwerke und der umfangreichen bisher erarbeiteten Erkenntnisse wäre es prinzipiell falsch, in diesem Bereich die Forschungsmittel beliebig zu kürzen. **Eine Reduktion darf nicht dazu führen, dass personell und qualitativ eine "kritische Masse" unterschritten wird.** Es ist jedoch vertretbar, die eingesetzten öffentlichen Mittel von heute 18.8 auf 16 Millionen Franken im Jahr 2003 zu reduzieren. Ein noch weitergehender Abbau kann jedoch aus heutiger Sicht nicht empfohlen werden.

### *Schwerpunkte der Forschung 2000 – 2003*

– *Kurz- und mittelfristig:*

- *Materialforschung (Struktur- und Bruchmechanik, Alterungsmechanismen, Kühlwasserchemie, umgebungs- und strahlungsinduzierte Korrosionsphänomene)*
- *Systemverhalten der schweizerischen Kernkraftwerke bei Betriebsstörungen und Auslegungsfällen*
- *Optimierung des LWR-Brennstoffzyklus (Hochabbrand, MOX)*
- *Analyse auslegungsüberschreitender Unfälle, Studium von relevanten Einzelphänomenen (Jodchemie und Aerosolphysik)*
- *Unfall- und Risikoanalysen (unter spezieller Berücksichtigung von menschlichem Versagen)*
- *"Risk informed regulation"*
- *Strahlenschutz (Transport und Ablagerung von Aktivstoffen im Kühlkreislauf, Radioanalytik, Dosimetrie)*
- *Sicherheitskultur*

## Radioaktive Abfälle

Bei der Entsorgung radioaktiven Materials geht es primär um die Abfälle, die bei der Kernenergienutzung anfallen, aber auch um solche aus Medizin, Forschung und Industrie. Planung, Bau und schliesslich Betrieb von Endlagerstätten für radioaktive Abfälle beinhalten zahlreiche Aktivitäten, welche sowohl die speziellen schweizerischen Verhältnisse (bezüglich Geologie, Entsorgungskonzepten, Vorschriften) als auch den internationalen technischen und wissenschaftlichen Erkenntnisstand berücksichtigen müssen. Hauptträger dieser Aktivitäten ist in der Schweiz die NAGRA (Nationale Genossenschaft zur Lagerung radioaktiver Abfälle). Dabei hat sich während 20 Jahren eine enge Zusammenarbeit mit dem PSI etabliert, wobei sich das PSI vor **allem Grundlagen-Fragen im Bereich Nuklidtransport und Risikoanalyse** gewidmet hat.

Unabhängig von der Suche und Prüfung konkreter Standorte für Endlager (was nicht Aufgabe der Energieforschung ist) haben die Untersuchungen in den letzten Jahren die für Entscheide wesentlichen Fragen genügend gut beantwortet, so dass es zugänglich ist, die für diesen Bereich re-

servierten Mittel der öffentlichen Hand in den nächsten Jahren auf die Hälfte abzubauen (von heute rund 8 Millionen auf 4 Millionen Franken).

In den kommenden Jahren geht es für das PSI als Hauptakteur der mit öffentlichen Geldern finanzierten Forschung primär um die folgenden beiden Problemfelder: Wie ist ein möglicher Standort für ein Endlager zu charakterisieren? Welche Rückhalteeffekte ergeben sich bei welchen Gesteinen?

### ***Schwerpunkte der Forschung 2000 – 2003***

– *Kurz- bis langfristig:*

- *Modellentwicklung und Validierung von Transportprozessen von Wasserinhaltsstoffen (insbesondere von Radionukleotiden) durch technische und geologische Barrieren*
- *Empirische Erhebung von spezifischen Daten für dieses Modell (Untersuchung von Gesteinsproben etc.)*
- *Sicherheitsanalysen (Konsequenzenanalyse) für geologische Endlager*
- *Fragen zur Transmutation*

### **Vorausschauende Forschung**

In der vorausschauenden Forschung sollen die Grundlagen für fortgeschrittene Reaktortypen bei denen die Folgen auch des schlimmsten Unfalls auf das Anlagengelände selbst beschränkt bleiben, festgelegt werden. **Im Vordergrund steht hier die Weiterentwicklung der Leichtwasserreaktoren (LWR) mit passiven Sicherheitssystemen. Zum andern geht es aber auch um die bessere energetische Ausnutzung der Brennstoffe.** Wichtigster Akteur in diesem Bereich ist ebenfalls das PSI. Falls in der Schweiz neue, sog. inhärent sichere Reaktoren je gebaut werden sollten, würden diese forschungsmässig weitgehend auf dem Know-how der ausländischen Hersteller beruhen. Es ist deshalb in diesem Bereich nur soviel zu tun, dass der internationale Anschluss nicht verpasst wird und die Option für solche Reaktoren auch für die Schweiz offen bleibt. Dies rechtfertigt eine Reduktion der Forschungsaufwendungen der öffentlichen Hand von heute jährlich 4 Millionen auf jährlich 1 Million Franken im Jahr 2003.

### ***Schwerpunkte der Forschung 2000 – 2003***

– *Kurz-bis mittelfristig:*

- *Fortgeschrittene Brennstoffzyklen (erhöhte Plutoniumvernichtung, reine MOX-Kerne, uranfreie Brennstoffe, hybride Systeme, Rubbia-Konzept)*
- *Passive Wärmeabfuhr bei LWR's aus Reaktorkern und Containment bei grösseren Wasservorräten (Wärmetransfer, Stabilitätsprobleme, Computercodes, Funktionsnachweise u.a.)*

## **KERNFUSION**

Obwohl die Kernfusion als interessante Option einer zukünftigen Energiequelle betrachtet wird, bestehen bezüglich dieser Technologie noch grosse Fragezeichen. **Die Forschungsarbeiten sind zu wenig weit fortgeschritten, um klare Prognosen zur technischen Machbarkeit und noch weniger zur Wirtschaftlichkeit stellen zu können.** Zudem sind – wegen den absehbaren Grossanlagen und den anfallenden radioaktiven Komponenten – Akzeptanzprobleme zu erwarten. Bei der Fusion handelt es sich um ein Vorhaben, welches potentiell grossen Nutzen hat, aber ein sehr hohes Risiko der Realisierbarkeit darstellt. Auch übersteigen der noch notwendige Aufwand für Forschung und Entwicklung sowie die Möglichkeiten für eine spätere Installation eines Fusionskraftwerkes die schweizerischen Dimensionen bei weitem.



Die wichtigsten noch offenen technischen Fragen bei der Kernfusion kreisen um die folgenden Punkte:

- Optimierung des Systems zur Wärmeextraktion
- Kontrolle der ins Plasma eingebrachten Unreinheiten
- Optimierung des Systems zur Aufheizung des Plasmas auf Fusionstemperaturen
- Realisierung einer sich selbst unterhaltenden Fusionsreaktion
- Entwicklung von Materialien, die sich radioaktiv nur schwach aktivieren
- Entwicklung von grossen supraleitenden Magneten
- Entwicklung von fortgeschrittenen Telemanipulationssystemen

**Die Schweizer Forscher an der ETH-Lausanne (am CRPP) und am PSI haben bisher – eingebunden in die internationale EURATOM-Zusammenarbeit - eine hervorragende Arbeit geleistet.** Sie profitieren im internationalen Verbund vom Know-how-Austausch und viele Ergebnisse der Materialforschung sind auch in andern energierelevanten Gebieten wie Sonnenenergie, Brennstoffzellen, Wärmetauscher usw. nutzbar. Deshalb wird dieser Forschungsbereich als weiterhin unterstützenswert betrachtet. Insbesondere können damit auch anspruchsvolle Ausbildungsplätze weiter garantiert werden sowie bedeutende Beiträge zu andern Wissenschafts- und Technologiebereichen (z.B. Plasmaphysik, Supraleitung) erbracht werden. **Die für die Fusionsforschung eingesetzten Mittel sind aber immer im Verhältnis zu andern Vorhaben und der gesamthaft zur Verfügung stehenden Summe für die Energieforschung abzuwägen.** Gemessen an den in den letzten Jahre knapper gewordenen Energieforschungsmitteln sollen die Aufwendungen für die Fusionsforschung auch reduziert werden, von heute 30.6 auf künftig 25 Millionen Franken pro Jahr. Dies müsste genügen, um die Forschung im wesentlichen auf dem bisherigen Niveau zu halten.

Als grösstes künftiges, aber noch nicht beschlossenes internationales Projekt steht die Entwicklung des ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor) auf dem Programm. Mit diesem Reaktor, der auf dem Tokamak-Prinzip (d.h. auf dem magnetischen Einschluss des Plasmas) beruht, soll die wissenschaftliche und technische Machbarkeit sowie die Sicherheit der kontrollierten Kernfusion nachgewiesen werden. **Die CORE wird zu gegebener Zeit zu den möglichen Arbeiten in der Schweiz für eine Teilnahme an ITER Stellung nehmen.**

#### *Schwerpunkte der Forschung 2000 – 2003*

- *Untersuchungen zum Magneteinschluss am Tokamak der ETH-Lausanne (CRPP)*
- *Entwicklung von Generatoren zur Hochfrequenzheizung des Plasmas*
- *Weiterentwicklung der Hoch-Magnetfeld-Materialien und der Magnetspulentechnologie (Testanlage SULTAN am PSI)*
- *Aufklärung von Materialstrahlenschäden (Anlage PIREX am PSI)*
- *Untersuchungen zur Plasma-Wand-Wechselwirkung (insbesondere auch bezüglich der radioaktiven Aktivierung)*

## 5.4 ENERGIEWIRTSCHAFTLICHE GRUNDLAGEN

Energieproduktion, Energieverteilung und Energieverbrauch sind zunächst in einem technischen Kontext zu sehen. Auch bei Sicherheitsfragen oder bei Fragen zu Energiesparmöglichkeiten spielt die Technik eine entscheidende Rolle. Die wirtschaftlichen, ökologischen, gesellschaftlichen und auch politischen Fragen dürfen dabei aber nicht übersehen werden. Im Gegenteil: Was technisch gesehen effektiv gemacht oder auch nicht gemacht werden kann oder soll, hängt in aller Regel von Antworten auf genau solche Fragen ab. Mehr noch: Nicht nur das "ob", auch das "wie" hängt davon ab. Dies haben zahlreiche Einzelstudien eindrücklich bestätigt. **Technische Forschung muss sich damit zwingend auch den Themen der energie-wirtschaftlichen Grundlagen stellen.**

### ENERGIEPOLITIK

Energiesysteme sind aus verschiedensten Gründen in hohem Masse politischen Prozessen unterworfen. Dies bedeutet einerseits, dass die **für die Politik nötigen Entscheidungsgrundlagen erarbeitet werden müssen**. Dies kann z.B. in Form von Szenarien zur Identifikation und Diskussion von technisch-ökonomischen Entwicklungstrends im Energiebereich geschehen oder über Wirkungsanalysen von Massnahmen (ex ante und/oder ex post). Andererseits sind aber auch die **Kenntnisse der Strukturen und Mechanismen der politischen Willensbildung und Entscheidungsfindung sowie des Vollzugs deutlich zu verbessern**; denn nur dann sind tragfähige und effiziente Lösungen zu erwarten.

Angesichts der Querschnittsfunktion, die der Behandlung energiepolitischer Themen zukommt und angesichts der vielen offenen Fragen (vor allem auch im Zusammenhang mit anstehenden energie- und umweltpolitischen Entscheiden) ist es angezeigt, die hierfür zur Verfügung stehenden Mittel von heute 7.5 auf 9 Millionen Franken aufzustocken.

#### *Schwerpunkte der Forschung und der Umsetzung 2000 – 2003*

– *Kurz- und mittelfristig:*

- *Verbesserung der Datengrundlage (Indikatoren, Benchmarking, Erfolgskontrolle)*
- *Vollzugs- und Wirkungsanalysen bestehender energiepolitischer Massnahmen (auch vergleichende Effizienz-Untersuchungen)*
- *Entwicklung und Analyse von neuen Massnahmen und Instrumenten (marktwirtschaftliche Massnahmen, Contracting, Vereinbarungen u.a.)*
- *Untersuchung von Innovationen und Innovationsprozessen (wirtschaftliche und wirtschaftspolitische Faktoren, welche ihren Erfolg auf dem Markt beeinflussen)*
- *Perspektivarbeiten: technisch-ökonomische Aktualisierung der Nachfrage- und Angebots-Modelle sowie Neuberechnung der Basis-Szenarien in Abhängigkeit der jeweils aktuellen Politikbedürfnisse (insbesondere unter Berücksichtigung neuer volkswirtschaftlicher Rahmendaten)*
- *Ergänzende Modellierungsarbeiten bei Input-Output-Modellen sowie Gleichgewichtsmodellen (zur Abklärung volkswirtschaftlicher Wirkungen von energiepolitischen Massnahmen)*
- *Vollzugsfragen im Zusammenhang von Energieabgaben und ökologischen Steuerreformen*
- *Stellenwert von unterschiedlichen Planungs- und Vollzugsmustern im Energiebereich (inkl. institutionelle und verfahrensmässige Fragen)*

## ÖKONOMIE, GESELLSCHAFT, UMWELT

In diesem Bereich geht es um allgemeine Energiefragen, die entweder als eigenständiges Thema behandelt werden oder aber als Input für andere Forschungsarbeiten dienen. **Im Vordergrund stehen ökonomische Fragen.** Ganz grundsätzlich geht es in der Ökonomie um Knappheiten (von Zeit, Finanzen, Arbeitskräften, Umwelt). Es geht um die direkten und indirekten Kosten neuer technischer Lösungen, um Energiepreise und Zahlungsbereitschaften, aber auch um verschiedenste Marktfragen, etwa im Zusammenhang mit der anstehenden Öffnung des Elektrizitätsmarktes oder in bezug auf spezielle Märkte, wie etwa die Solarstrombörsen. Mit dazu zählen auch Fragestellungen aus den Bereichen Ordnungs- und Wettbewerbspolitik, internationale Verflechtung, Interdependenzen mit andern Politikbereichen, Technologiefolgenabschätzungen, Risikoanalysen u.ä.

**Aber auch soziale und ethische Aspekte der Energie sind von Bedeutung.** Denn diese bestimmen nicht nur die langfristigen gesellschaftspolitischen Trends (z.B. über sich verändernde Werthaltungen), sie bestimmen auch ganz unmittelbar die Akzeptanz von bestimmten Massnahmen oder Energietechnologien.

Die bisherige Art von Energieproduktion und -verbrauch gefährdet die Umwelt in verschiedenster Hinsicht. Mehr noch: die damit verbundenen Umweltbelastungen, insbesondere die CO<sub>2</sub>-Emissionen stellen geradezu den inhaltlichen Anlass dafür dar, ein auf Nachhaltigkeit ausgerichtetes Energiesystem anzustreben. **Insofern müssen auch (energiebezogene) Umweltfragen im Rahmen der Energieforschung behandelt werden.**

In jüngster Zeit sind in der Schweiz die forschungsmässigen Anstrengungen in diesem Bereich stark erhöht worden. Dieses Niveau soll unbedingt beibehalten werden, gegebenenfalls eventuell gar noch erhöht werden. Für die kommenden Jahre ist ein Budget von 6 Millionen Franken vorzusehen.

### *Schwerpunkte der Forschung und der Umsetzung 2000 – 2003*

#### *– Kurz- und mittelfristig:*

- *Preisentwicklung für verschiedene Energieträger*
- *Netzzugang und seine Tarifierung im Zusammenhang mit der Öffnung des Strommarktes*
- *Strategien zur Internalisierung der externen Kosten (Datenbedürfnisse, regionale Differenzierungen, Verwendung der Einnahmen usw.)*
- *Grüne Energiemärkte (Voraussetzungen, Wirkungsanalysen usw.)*
- *Nachhaltigkeit bestehender und neuer Technologien (auch z.T. mit Ökobilanzen, Technologiefolgenabschätzungen, Risikoanalysen, Cost-Benefit-Analysen usw.)*
- *Interdependenzen mit andern Politikbereichen*
- *Submissionspolitik der öffentlichen Hände im Rahmen der Energieversorgung*

#### *– Langerfristig*

- *Sozialpsychologische, ethische und politologische Fragestellungen*

## 6. MITTELZUTEILUNG / PRIORITÄTSETZUNG 2000 - 2003

### 6.1 MITTELZUTEILUNG

Für die Zuteilung der Mittel auf die einzelnen Forschungsgebiete, wie sie im Kapitel 5 beschrieben sind, liegen die folgenden Annahmen zugrunde (wobei das Jahr 1997 die Basis bildet):

- Trotz der angespannten Finanzlage aller Förderstellen kann der seit 1992 anhaltende Rückgang der Mittel gestoppt und der Wegfall des NEFF kann aufgefangen werden. **Um im Jahr 2003 den Stand von mindestens 200 Mio. Franken zu erreichen, ist somit ein Anstieg von 5% der heutigen öffentlichen Fördermittel vorzusehen.** (Falls durch Annahme von z.Zt. diskutierten "Energie-Initiativen" für die betrachtete Periode erheblich mehr Forschungs- und Entwicklungsgelder bereitgestellt werden können, ist eine Anpassung des Konzepts erforderlich.)
- Die Beiträge aus EU-Mitteln werden auch zukünftig mindestens den dafür heute vom BBW finanzierten Umfang erreichen.
- Die enge Zusammenarbeit zwischen den Förderungsorganen der öffentliche Hand mit denen der Energiewirtschaft bleibt bestehen. Die Unterstützung der Forschung durch die Fonds der Privatwirtschaft geht in etwa demselben Umfang wie heute weiter.
- Wie bisher wird in der Energieforschung ein **Anteil von ca. 20% für orientierte Grundlagenforschung** als angemessen erachtet.
- Ebenfalls ein **Anteil von ca. 20% wird für die Förderung von Pilot- und Demonstrationsprojekten** angestrebt, d.h. ein Anstieg gegenüber heute um ca. 5%.

**Nebenstehende Tabelle zeigt die Zielwerte für die Mittelzuteilung im Jahre 2003.** Auffällige Änderungen gegenüber heute sind bei der rationellen Energienutzung in Gebäuden und der Nutzung der Umgebungswärme (je eine Verdoppelung) sowie bei der Kernspaltung (starker Abbau) und der Kernfusion (massvolle Verringerung) vorgesehen. Eine starke Abnahme der öffentlichen Fördermittel für F,E&D ist zudem bei der Nutzung der Wasserkraft geplant.

Siehe dazu auch die Figur in der Zusammenfassung (Ste 4).

Die Tabelle Seite 44 enthält auch Vorschläge für den Fall, dass Budgetkürzungen unumgänglich sein sollten, bzw. mehr Mittel bereitgestellt werden können. Es gilt – **bezüglich der Richtwerte 2003** – :

#### Für Budgetkürzungen:

- Keine Senkung der geplanten Beiträge
- ↘ Massvolle Herabsetzung der Planungswerte
- ↓ Starke Reduktion der vorgesehenen Mittel

#### Für Budgeterhöhungen:

- ↑ Starke zusätzliche Unterstützung
- ↗ Mässige Zusatzfinanzierung
- Keine Erhöhung der geplanten Mittel

**Diese Mehr- bzw. Minderzusagen entsprechen nicht den Prioritäten der Forschungsgebiete, denn sie berücksichtigen die Leistungsfähigkeit bestehender Forschungsgruppen in den entsprechenden Bereichen. Es ist deshalb möglich, dass auch bei prioritären Forschungsprogrammen notfalls Kürzungen als verkraftbar angesehen werden, bzw. keine Zusatzfinanzierung vorgeschlagen wird.**

**Mittelzuteilung für die Energieforschung der öffentlichen Hand (Aufwand 1997 und Richtwerte für 2003) sowie Anpassung derselben bei eventueller Budgetänderung.**

| FORSCHUNGSGEBIETE<br>und ihre Unterteilung                                     | MITTELZUTEILUNG                  |              |                                  |           | Anpassung der Mittel <sup>1)</sup><br>bei genereller |     |                     |     |
|--|----------------------------------|--------------|----------------------------------|-----------|--|-----|---------------------|-----|
|  | 1997, Mio.Fr.<br>(Realwert 1997) |              | 2003, Mio.Fr.<br>(Realwert 1999) |           | Budget-<br>reduktion                                 |     | Budget-<br>erhöhung |     |
|  | F                                | P+D          | F                                | P+D       | F  | P+D | F                   | P+D |
| <b>I RATIONELLE ENERGIE NUTZUNG</b>  | <b>40,7</b>                      | <b>14,9</b>  | <b>49</b>                        | <b>20</b> |  |     |                     |     |
| Gebäude  | 4,5                              | 2,1          | 10                               | 5         | →  | →   | ↑                   | ↑   |
| Verkehr  | 5,6                              | 6,9          | 7                                | 5         | →  | →   | ↔                   | ↑   |
| Elektrizitätsspeicherung und –transport<br>(wovon für Batterien und Supercaps) | 8,5<br>(2,7)                     | 1,5<br>(0,2) | 8<br>(4)                         | 2<br>(1)  | ↓  | ↓   | ↔                   | →   |
| Elektrizitätsnutzung (Geräte)  | 0,5                              | 0,2          | 1                                | 1         | ↓  | →   | →                   | →   |
| Wärme-Kraft-Koppelung<br>(wovon für Brennstoffzellen)                          | 4,9<br>(4,1)                     | 2,9<br>(0,6) | 8<br>(6)                         | 3<br>(2)  | ↓  | ↓   | ↔                   | ↔   |
| Verbrennung  | 13,1                             | 0,8          | 12                               | 3         | →  | ↓   | ↔                   | ↑   |
| Prozesse (in Industrie, Gewerbe, Landwirtschaft, ...)                          | 3,6                              | 0,5          | 3                                | 1         | ↓  | ↓   | →                   | →   |
| <b>II ERNEUERBARE ENERGIEN</b>   | <b>49,1</b>                      | <b>15,2</b>  | <b>50</b>                        | <b>19</b> |  |     |                     |     |
| <b>Sonnenenergie</b>   | <b>33,4</b>                      | <b>7,1</b>   | <b>37</b>                        | <b>10</b> |  |     |                     |     |
| Solarwärme (aktiv, passiv, Speicherung)  | 7,2                              | 3,2          | 8                                | 4         | ↓  | →   | ↔                   | ↔   |
| Photovoltaik (Solarzellen und Anlagen)   | 11,9                             | 3,6          | 14                               | 4         | →  | ↓   | ↑                   | ↔   |
| Solarchemie (inkl. Wasserstoff)  | 14,3                             | 0,3          | 14                               | 2         | →  | ↓   | ↑                   | ↔   |
| Umgebungswärme (Wärmepumpen)   | 2,7                              | 1,0          | 4                                | 3         | →  | →   | ↑                   | ↔   |
| Biomasse ( Holz, Abfälle, Klärschlamm)   | 5,9                              | 3,5          | 7                                | 3         | ↓  | →   | ↔                   | ↔   |
| Geothermie   | 2,4                              | 1,1          | 2                                | 1         | ↓  | ↓   | →                   | →   |
| Wind   | -                                | 1,5          | -                                | 1         |  | ↓   |                     | ↔   |
| Wasser   | 4,7                              | 1,0          | 1                                | 1         | ↓  | ↓   | ↔                   | ↔   |
| <b>III KERNENERGIE</b>   | <b>61,2</b>                      | <b>-</b>     | <b>46</b>                        | <b>-</b>  |  |     |                     |     |
| <b>Kernspaltung</b>  | <b>30,6</b>                      | <b>-</b>     | <b>21</b>                        | <b>-</b>  | ↓  |     | →                   |     |
| Sicherheit (inkl. Regulatorische Forschung)                                    | 18,8                             | -            | 16                               | -         |  |     |                     |     |
| Radioaktive Abfälle  | 7,8                              | -            | 4                                | -         |  |     |                     |     |
| Vorausschauende Forschung (neue Konzepte)                                      | 4,0                              | -            | 1                                | -         |  |     |                     |     |
| <b>Kernfusion <sup>2)</sup></b>  | <b>30,6</b>                      | <b>-</b>     | <b>25</b>                        | <b>-</b>  | ↓  |     | →                   |     |
| Plasmaphysik, Heizmethoden   | 26,3                             | -            | 20                               | -         |  |     |                     |     |
| Fusionstechnologie   | 1,0                              | -            | 1                                | -         |  |     |                     |     |
| Beiträge für internationale Einbindung   | 3,3                              | -            | 4                                | -         |  |     |                     |     |
| <b>IV ENERGIEWIRTSCHAFTLICHE GRUNDLAGEN</b>                                    | <b>15,5</b>                      | <b>0,3</b>   | <b>17</b>                        | <b>1</b>  |  |     |                     |     |
| Energiepolitik (Szenarien, Instrumente, Massnahmen)                            | 7,5                              | -            | 9                                | -         | →  |     | ↔                   |     |
| Ökonomie, Gesellschaft, Umwelt   | 5,8                              | -            | 6                                | -         | →  |     | ↑                   |     |
| Technologie-Transfer   | 2,2                              | 0,3          | 2                                | 1         | →  | →   | ↑                   | ↑   |
| <b>TOTALE</b>  | <b>166,5</b>                     | <b>30,4</b>  | <b>162</b>                       | <b>40</b> |  |     |                     |     |
|  | <b>196,9</b>                     |              | <b>202</b>                       |           |  |     |                     |     |

F Forschung

P+D Pilot- und Demonstrationsprojekte

1) Bezüglich der Planungswerte für 2003

2) Die Arbeiten im Fusionsbereich liegen stark in der Grundlagenforschung. In Anlehnung an die internationale Praxis werden sie jedoch zur Energieforschung gezählt.

## **6.2 HERKUNFT DER FÖRDERMITTEL**

Die Erhöhung der Mittel für Pilot- und Demonstrationsanlagen setzt einen verstärkten gemeinsamen Einsatz von Bund, Kantonen und Gemeinden voraus. Dabei dürfte in den kommenden Jahren das finanzielle Engagement der Kantone zunehmen, denn in den entstehenden (kantonalen) Fachhochschulen wird Energieforschung ein Thema sein, und Arbeiten an Pilotanlagen passen gut in die Landschaft der Fachhochschulen.

Es wird davon ausgegangen, dass die bisherigen Geldgeber für die Energieforschung ihre Unterstützung auch zukünftig weiterführen. Zu beachten ist, dass ab 2000 etwa 30% der bisher beim BFE eingestellten Energie F,E&D-Mittel (als Folge der Verwaltungsreform des Bundes) ins BBT (KTI) transferiert werden. Des weitern ist der NEFF 1997 aufgelöst worden, es werden also ab 2000 von dieser Stelle keine Gelder mehr fließen.

Somit ergibt sich folgender grober Schlüssel für die künftigen Finanzquellen (siehe auch Tabelle Ste 12):

- ETH-Rat 50 Prozent,
- Bundesämter 30 Prozent (BFE 12 Prozent, BBT 8 Prozent, BBW u.a. 10 Prozent),
- Kantone und Gemeinden 17 Prozent,
- Schweiz. Nationalfonds 3 Prozent.

Beiträge zur Energieforschung im Rahmen von EU-Programmen sowie Rückflüsse von EU-Mitteln in die Schweiz sind im Posten "Bundesämter" (BBW) enthalten.

# ANHANG 1

## Die Eidgenössische Energieforschungskommission CORE

### Mitglieder:

**Dr. Zulliger Hans-Rudolf, Präsident**

VR-Präsident GRETAG

(Vertreter der Industrie)

**Dr. Berg Marco**

Erdölvereinigung, Leiter FEV

(Vertreter der Erdölwirtschaft, des FEV und der Weltenergiekonferenz)

**Prof. Dr. Favrat Daniel**

Directeur Laboratoire d'énergétique industrielle, EPF-L

(Vertreter der ETH-Lausanne und des Schweiz. Wissenschaftsrats)

**Prof. Dr. Güdel Hans-Ulrich**

Leiter Institut für anorg. u. phys. Chemie der Universität Bern

(Vertreter des Schweiz. Nationalfonds und der Universitäten (Chemie))

**Prof. Dr. Imboden Dieter**

Leiter Wirtschaftsplattform ETH-Bereich

(Vertreter der ETH-Zürich)

**Jakob Ernst**

Vorsteher Abt. Energiewirtschaft, Wasser- und Energiewirtschaftsamt, Kt. Bern

(Vertreter der kantonalen Energiefachstellen)

**Prof. Kunze Christian**

Directeur de l'école d'Ingénieurs du Canton du Vaud

(Vertreter der Fachhochschulen und der SATW)

**Leimer Hans Jörg**

Direktor Sulzer Infra Management Services AG

(Vertreter der Industrie)

**Rohrbach Kurt**

Direktor BKW Energie AG

(Vertreter der Elektrizitätswirtschaft und des PSEL)

**Prof. Dr. Shah Arvind**

Institut de Microtechnique de l'Université Neuchâtel

(Vertreter der Universitäten (Physik))

**Togni Giuseppina**

eTeam GmbH

(Vertreterin der Ingenieurbüros)

**Prof. Dr. Zweifel Peter**

Leiter Sozialökonomisches Seminar der Universität Zürich

(Vertreter der Universitäten (Sozioökonomie))

### Beobachter:

**Gfeller Jürg**

Vizedirektor, BFE

**Dr. Schriber Gerhard**

Leiter der Sektion *Programmentwicklung und Controlling*, BFE

**Prof. Dr. Junod Pierre**

Vertreter der KTI

**Dr. Zinsli Paul-Erich**

Stv. Direktor, BBW

### Sekretariat:

**Dr. Rolf Schmitz**

Koordination Energieforschung

Sektion *Programmentwicklung und Controlling*, BFE

## ANHANG 2

### Forschungsprogrammleiter

| FORSCHUNGSGEBIETE   | PROGRAMMLEITER         |         |
|---|------------------------|---------|
| <b>I RATIONELLE ENERGIENUTZUNG</b>  |                        |         |
| Gebäude (inkl. passive Sonnenenergienutzung).....   | Mark Zimmermann        | F&E P&D |
| Verkehr.....  | Martin Pulfer          | F&E P&D |
| Elektrizitätsspeicherung und –transport.....  | Roland Brüniger        | F&E P&D |
| wovon Batterien und Supercaps.....  | Martin Pulfer          | F&E P&D |
| Elektrizitätsnutzung (Geräte).....  | Roland Brüniger        | F&E P&D |
| Wärme-Kraft-Koppelung.....  | Martin Zogg            | F&E     |
| wovon Brennstoffzellen (Wasserstoff).....   | Fabrice Rognon         | P&D     |
| wovon Brennstoffzellen (übrige).....  | Alphons Hintermann     | F&E P&D |
| Verbrennung.....  | Martin Rüegegger       | F&E P&D |
| Prozesse (in Industrie, Gewerbe, Landwirtschaft, ...).....                                | Alphons Hintermann     | F&E P&D |
|   | Martin Zogg            | F&E P&D |
| <b>II ERNEUERBARE ENERGIEN</b>  |                        |         |
| <b>Sonnenenergie</b>  |                        |         |
| Solarwärme aktiv.....   | Jean Christophe Hadorn | F&E     |
|   | Pierre Renaud          | P&D     |
| Solarwärme Speicherung.....   | Jean Christophe Hadorn | F&E P&D |
| Photovoltaik (Solarzellen und Anlagen).....   | Stefan Nowak           | F&E P&D |
| Solarchemie (inkl. Wasserstoff).....  | Armin Reller           | F&E P&D |
| Umgebungswärme (Wärmepumpen).....   | Martin Zogg            | F&E     |
|   | Fabrice Rognon         | P&D     |
| <b>Biomasse</b>   |                        |         |
| Holz.....   | Daniel Binggeli        | F&E P&D |
| übrige.....   | Martin Rüegegger       | F&E P&D |
| Geothermie.....   | Harald Gorhan          | F&E P&D |
| Wind.....   | Robert Horbaty         | F&E P&D |
| Kleinwasserkraftwerke.....  | Hans-Peter Leutwiler   | F&E P&D |
| <b>III KERNENERGIE</b>  |                        |         |
| <b>Kernspaltung</b>   |                        |         |
| Sicherheit.....   | Wolfgang Kröger        | F&E     |
| Regulatorische Forschung.....   | Philip Tipping         | F&E     |
| Radioaktive Abfälle.....  | Wolfgang Kröger        | F&E     |
| Vorausschauende Forschung (neue Konzepte).....  | Wolfgang Kröger        | F&E     |
| <b>Kernfusion</b> .....   | Stéphane Berthet       | F&E     |
| Plasmaphysik, Heizmethoden, Fusionstechnologie,<br>Beiträge für internationale Einbindung |                        |         |
| <b>IV ENERGIEWIRTSCHAFTLICHE GRUNDLAGEN</b>   |                        |         |
| Energiepolitik (Szenarien, Instrumente, Massnahmen).....                                  | Pascal Previdoli       | F&E     |
| Ökonomie, Gesellschaft, Umwelt.....   | Ruedi Meier            | F&E     |
| Technologie-Transfer.....   | Gerhard Schriber       | F&E     |
|   | Rolf Schmitz           | F&E     |



## ANHANG 3

### Abkürzungsverzeichnis

|                 |  |
|-----------------|--|
| BBT             | Bundesamt für Berufsbildung und Technologie                      |
| BBW             | Bundesamt für Bildung und Wissenschaft                           |
| BFE             | Bundesamt für Energie  |
| CO <sub>2</sub> | Kohlendioxyd   |
| COP             | Coefficient of Performance (Leistungszahl)                       |
| CORE            | Eidg. Energieforschungskommission                                |
| CRPP            | Centre de Recherches en Physique des Plasmas, ETH-Lausanne       |
| DEZA            | Direktion für Entwicklung und Zusammenarbeit                     |
| EDV             | Elektronische Datenverarbeitung                                  |
| EMPA            | Eidg. Materialprüfungs- und Versuchsanstalt, Dübendorf           |
| ENET            | Informationsstelle des BFE für Energieforschung                  |
| EPF             | Ecole Polytechnique Fédérale                                     |
| ETH             | Eidg. Technische Hochschule                                      |
| EU              | Europäische Union  |
| EURATOM         | Europäische Atomgemeinschaft                                     |
| F,E&D           | Forschung, Entwicklung und Demonstration                         |
| FEV             | Forschungsfonds der Erdöl-Vereinigung                            |
| FOGA            | Forschungsfonds der Gaswirtschaft                                |
| IEA             | Internationale Energie-Agentur                                   |
| ITER            | International Thermonuclear Experimental Reactor                 |
| KTI             | Kommission für Technologie und Innovation beim BBT               |
| LWR             | Leichtwasserreaktor  |
| MOX             | Misch-Oxyd (Brennstoff)  |
| NAGRA           | Nationale Genossenschaft zur Lagerung von radioaktiven Abfällen  |
| NEA             | Nuklear-Energie-Agentur  |
| NEFF            | Nationaler Energie-Forschungs-Fonds der Energiewirtschaft        |
| P+D             | Pilot- und Demonstrationsprojekte                                |
| PSEL            | Projekt- und Studienfonds der Elektrizitätswirtschaft            |
| PSI             | Paul Scherrer Institut   |
| SATW            | Schweiz. Akademie für Technische Wissenschaften                  |
| SNF             | Schweiz. Nationalfonds   |
| UVEK            | Eidg. Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation |
| WKK             | Wärme-Kraft-Kopplung   |