

1. Januar 2004

Konzept der Energieforschung des Bundes 2004 bis 2007

Ausgearbeitet durch die
Eidgenössische Energieforschungskommission CORE

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	2
1. Bedeutung des Konzepts	4
2. Abgrenzung und Umfeld der Energieforschung	5
2.1 Was bedeutet Energieforschung in diesem Konzept?	5
2.2 Politische Vorgaben	6
2.3 Rechtliche Grundlagen	7
2.4 Weitere Rahmenbedingungen	8
3. Stand der Schweizer Energieforschung	9
3.1 Akteure und Organisation	9
3.2 Umfang und Fluss der Finanzmittel	10
3.3 Bisher erreichte Ergebnisse	12
3.4 Stärken und Schwächen	13
4. Strategische Ziele	14
4.1 Die Vision 2050	14
4.2 Ziele 2004 bis 2007	15
5. Strategie zum Erreichen der Ziele	16
5.1 Nationale Aufgabenteilung und Koordination	16
5.2 Kriterien zur Förderung von Projekten	18
5.3 Orientierte Grundlagenforschung	19
5.4 Umsetzung der Forschungsergebnisse	20
5.5 Rahmenbedingungen für Firmen und Forschungsinstitutionen	21
5.6 Internationale Zusammenarbeit	22
5.7 Kontrolle der Zielerreichung	23
5.8 Zusammenfassung der Leitsätze	24
6. Schwerpunkte der Energieforschung 2004 – 2007	26
6.1 Rationelle Energienutzung	27
6.2 Erneuerbare Energien	38
6.3 Kernenergie	47
6.4 Energiewirtschaftliche Grundlagen	52
7. Mittelzuteilung 2004 bis 2007	54
Anhänge	56
A.1 Organisation der BFE-Bereiche und Verantwortliche	56
A.2 Die Eidgenössische Energieforschungskommission CORE	58
A.3 Abkürzungsverzeichnis	59

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 2004-2007* (BFT-Botschaft) umrissenen Aktivitäten in der Energieforschung.

Erläutert werden Grundlagen, Vision und kurz- bis mittelfristige Ziele, 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 Energieforschung in der Schweiz verpflichtet sich einer nachhaltigen Entwicklung. Langfristiges Hauptziel ist eine massive Reduktion des CO₂-Ausstosses, was auch die Hinwendung zur 2000 Watt-Gesellschaft beinhaltet. Dazu kommt die Notwendigkeit der Senkung der durch Energiesysteme ausgelösten Schadstoffbelastungen und Stoffflüsse. Technischer Fortschritt allein genügt nicht zur Lösung dieser Aufgaben, denn dessen Umsetzung hängt von individuellen Entscheidungen ab, die von sozio-ökonomischen Faktoren zentral beeinflusst werden.

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 auf internationalem Niveau qualitativ hochstehend und auf die zentralen längerfristigen Bedürfnisse ausgerichtet sein. Für eine effiziente Forschung und für die nötige Kontinuität sollen ausreichende Mittel zur Verfügung stehen.

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

Die **rationelle Energienutzung** ist in allen Bereichen zu fördern, schwergewichtig jedoch bei den Gebäuden- und im Verkehr, den grössten Endverbrauchern. Bedeutende Potenziale liegen zudem im besseren Verständnis von Verbrennungsvorgängen sowie in Effizienzsteigerungen bei Speicherung und Verbrauch von Elektrizität. Wichtig ist auch die optimale Kombination von Wärme-, Kälte- und Stromproduktion (Wärme-Kraft-Kopplung) unter Einbezug der Umgebungswärme (Wärmepumpen).

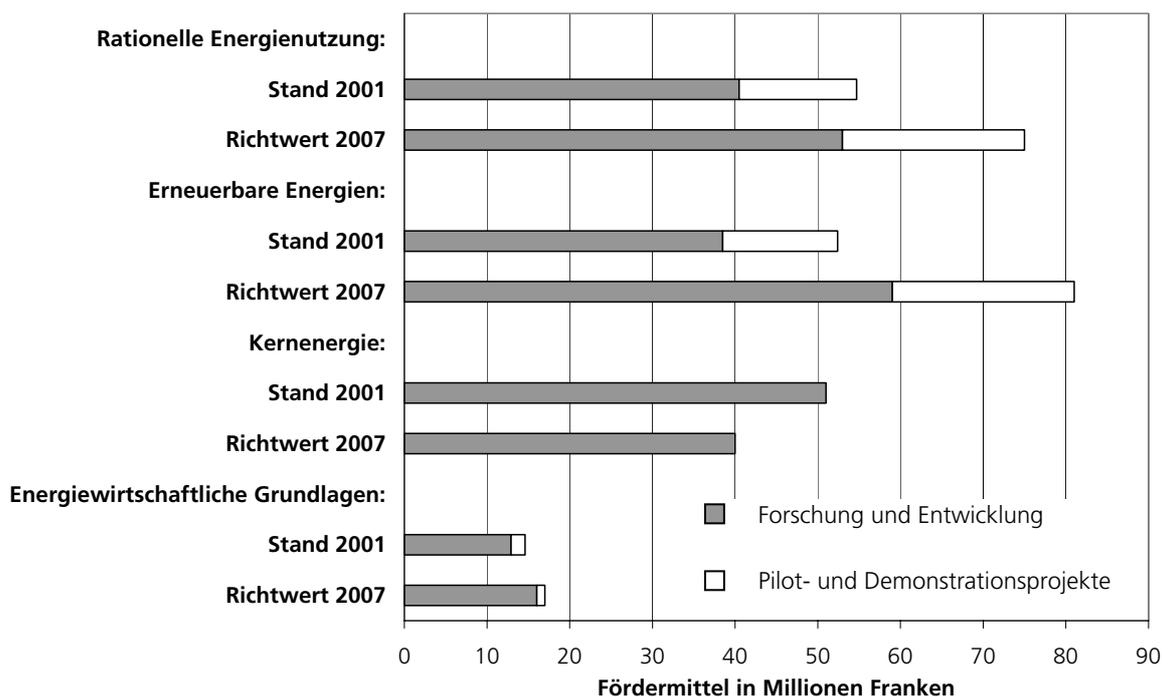
Die **erneuerbaren Energien** spielen dank Wasserkraft und Holz in der Schweiz bereits eine bedeutende Rolle. Ziele der Forschung sind insbesondere die Verbesserung des Preis/Leistungs-Verhältnisses, die Akzeptanz und Anwenderfreundlichkeit bei Solarwärme, Umgebungswärme, Photovoltaik und Biomasse mit besonderem Augenmerk auf die Verwertung von Holz. Technologieförderung benötigen Geothermie, Wind und Kleinwasserkraft. Längerfristige Anwendungen sind in der Solarchemie (inkl. Wasserstoff) zu erforschen.

Die **Kernenergie** wird unterteilt in Kernspaltung und Kernfusion (langfristig mögliche neue Option). Schwerpunkte bei der Kernspaltung bilden die Sicherheitsforschung und die Entsorgung radioaktiver Abfälle. Bei der Fusion gilt es, mit unsern spezifischen Experimentieranlagen und der vorhandenen Kompetenz – im Rahmen internationaler Projekte – hochstehende Forschungsbeiträge zu erbringen.

Energiewirtschaftliche Grundlagen dienen unmittelbar der Energiepolitik, indem mögliche Massnahmen auf ihre gesamtwirtschaftlichen Auswirkungen im Rahmen von Szenarien abgeklärt werden. Die Forschung soll jedoch in erster Linie wirtschaftliche, ökologische und gesellschaftliche Konsequenzen von energietechnischen Entwicklungen untersuchen, um insbesondere Fragen der Akzeptanz und möglichen Anreizen 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 – insbesondere im Rahmen des Programms EnergieSchweiz –, die Zusammenarbeit mit der energieforschenden Privatwirtschaft, die Vernetzung mit internationalen Forschungsprojekten sowie die generelle Berichterstattung. Die Arbeiten des BFE sind eng verknüpft mit denjenigen der Kommission für Technologie und Innovation (KTI). Die bisherige Organisation hat sich bewährt und soll daher beibehalten werden.

Der jährliche Aufwand der öffentlichen Hand für die Energieforschung hat seit 1992 um rund 70 Millionen Franken (Realwert) abgenommen. Er betrug 2001 noch 173 Millionen Franken. Darin sind auch alle entsprechenden Infrastrukturkosten sowie Beiträge an Pilot- und Demonstrationsprojekte (30 Millionen Franken) enthalten. Die Fördermittel kamen zu 45% aus dem ETH-Bereich, zu 40% aus Bundesämtern und zu 15% aus Kantonen und Gemeinden. In der Periode 2004 bis 2007 werden die Beiträge des Bundesamtes für Bildung und Wissenschaft (BBW) wegfallen und die Mittel für die Forschungsteilnahme im neuen EU-Rahmenprogramm direkt aus Brüssel kommen. Zudem wird erwartet, dass die Kantone durch wachsende Beiträge an die Fachhochschulen ihren Anteil an der Energieforschung erhöhen. Der Gesamtumfang der Mittel soll auf 213 Millionen Franken pro Jahr angehoben werden, was einem jährlichen Anstieg von 3 – 4% entspricht, wie es auch in der bundesrätlichen BFT-Botschaft 2004 – 2007 gefordert wird. Nach 2007 wird eine weitere Erhöhung der Mittel auf das Niveau entsprechend dem Mitteleinsatz 1992 angestrebt, um international konkurrenzfähig zu bleiben. Über die Verteilung der Mittel auf die vier Hauptbereiche der Forschung gibt untenstehende Grafik Auskunft.



Jährliche Ausgaben der öffentlichen Hand für die Energieforschung 2001 und Zielvorstellungen für 2007 (Realwerte 2001). Zu den Mitteln der öffentlichen Hand werden Beiträge des Bundes, der Kantone und der Gemeinden gezählt. Detailangaben können der Tabelle in Kapitel 7 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 Eidgenössische Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement die CORE – **Commission fédérale pour la Recherche Énergétique** – 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. Das vorliegende Papier ist die fünfte, vollständig überarbeitete Fassung.

Energieforschung ist heute in allen Industriestaaten selbstverständlicher und integraler Bestandteil der Energiepolitik. Dies ergibt sich einerseits aus der **Langfristigkeit der Investitionen**: Die Nutzungsdauer von Energieanlagen beträgt oft Jahrzehnte (z.B. Wasser- und Kernkraftwerke, Gebäude und Prozesse). 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 Investoren, Akzeptanz in der Bevölkerung sowie Wechselwirkung zwischen verschiedenen Technologien. Privatwirtschaftliche Unternehmen sind zunehmend auf kurzfristige Rentabilität ausgerichtet und bewerten deshalb Forschungs- und Entwicklungsvorhaben im Energiesektor in der Regel als zu riskant. **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 Entwicklung und Anwendung 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 2004 bis 2007. Es detailliert die Angaben, welche in der bundesrätlichen *Botschaft über die Förderung von Bildung, Forschung und Technologie in den Jahren 2004 bis 2007* beschrieben sind. Eine noch weitergehende 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 das Bundesamt für Berufsbildung und Technologie, das BFE, der ETH-Rat, etc. Zudem soll es Orientierungshilfe für kantonale und kommunale Stellen sein, welche mit der Umsetzung der energiepolitischen Vorgaben betraut sind. Des weitern informiert es die interessierten Forschungsstellen darüber, in welchen Bereichen neue Aktivitäten geplant sind; in diesem Sinn ist es **auch eine Ausschreibung für das Einreichen von Forschungsprojekten.**

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 technischer, wirtschaftlicher und gesellschaftspolitischer Erkenntnisse auf wissenschaftlicher Basis, 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 durch die öffentliche 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 Produkten und Anlagen, in Materialien und Verfahren, etc. niederschlagen.** Energieforschung beginnt dort, wo sich bei der Grundlagenforschung Aspekte abzeichnen, welche eine gewisse Chance beinhalten, dereinst für die Energietechnik relevant zu werden (orientierte Grundlagenforschung vgl. Kapitel 5.3). In diesem Sinn können sich auch Demonstration und Entwicklung von Verfahren und Anlagen mit der Grundlagenforschung überlappen. Beispiele sind Kernfusion und Solarchemie, deren Endergebnisse noch weitgehend 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 orientierten 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 und des Gewerbes eine notwendige Voraussetzung für die Gewährung von Mitteln der öffentlichen Hand. Dieses Engagement 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 Aspekte ergänzen müssen.

Technische Fortschritte allein genügen aber nicht, um energiepolitische Ziele zu erreichen. Vielmehr bedarf es dazu unternehmerischer und privater Entscheidungen, die auch von andern politischen und wirtschaftlichen Faktoren beeinflusst werden. Die Energieforschung **muss deshalb auch gegenseitige Abhängigkeiten in unserer Gesellschaft mitberücksichtigen.** Beispiele sind der Energiebedarf und die Umweltbelastungen des Strassenverkehrs und der Landwirtschaft oder Auswirkungen der Raumplanung auf den Energiebedarf.

Energieforschung ist ihrer Natur nach inter- und transdisziplinär. 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. Darunter fällt insbesondere die Veränderung des globalen Klimas durch den Treibhauseffekt, verursacht hauptsächlich durch den Anstieg der atmosphärischen CO₂-Konzentration. Eine auf **Nachhaltigkeit** ausgerichtete Energieanwendung ist deshalb weltweit zu einem **zentralen Anliegen der Energie- und Umweltpolitik** geworden. Das Kyoto-Protokoll, dem sich auch die Schweiz – im CO₂-Gesetz vom 8. Oktober 1999 – verpflichtet hat, ist ein deutlicher Ausdruck solcher Bemühungen.

Energieanlagen sind traditionell auch wichtige Erzeugnisse der schweizerischen Exportindustrie. Durch die Weiter- und Neuentwicklung von Energietechniken können neue Arbeitsplätze entstehen oder bestehende erhalten werden. 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 **Änderungen der Energiemärkte** (Liberalisierung) bringt einen Paradigmenwechsel von der Energieversorgung zur Energiedienstleistung mit sich. Für die nationale Forschungs- und Technologieförderung der Schweiz bietet die Nähe der Forschung zum Markt eine Chance für den Aufbau von Kompetenzzentren, birgt aber auch die Gefahr der Abwanderung des geförderten Know-how.

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 CO₂-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 gewährleistet ist. Die Option für neue Kernenergietechniken mit ausgeprägter passiver und inhärenter Sicherheit soll langfristig offengehalten werden. (Vom selben Grundsatz ging der Bundesrat in seiner Botschaft vom 28. Februar 2001 zu den beiden Atominitiativen und zu einem Kernenergiegesetz aus. Dieser Grundsatz wurde von den Eidgenössischen Räten bei der Beratung des Kernenergiegesetzes bestätigt.)

Eine feste Vorgabe ist des weiteren eine enge Zusammenarbeit zwischen Forschung und dem **Programm EnergieSchweiz** zur Erreichung der dort gesetzten konkreten Ziele.

Forschungspolitische Vorgaben

Gestützt auf das Forschungsgesetz legt der Bundesrat – basierend auf Vorschlägen des Schweizerischen Wissenschafts- und Technologierats – 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 von Forschungsergebnissen
 - Brückenschlag zwischen den verschiedenen Bereichen
 - Sicherung der Forschungskapazitäten
 - Verbesserung der Partnerschaft zwischen Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft.
- 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 Schwerpunktbereich (von insgesamt vier Schwerpunktbereichen).

In der **Botschaft über die Förderung von Bildung, Forschung und Technologie in den Jahren 2004 – 2007** werden vier Prioritäten gesetzt:

- Erneuerung der Lehre in der Berufsbildung und auf Hochschulstufe in der Schweiz zur Wiedererlangung eines internationalen Spitzenplatzes
- Stärkung der Forschung generell und insbesondere der angewandten Forschung und Entwicklung
- Verbesserung der Voraussetzungen für Innovationen durch Stärkung des Wissenstransfers
- Verbesserung der nationalen, grenzüberschreitenden und internationalen Zusammenarbeit

2.3 Rechtliche Grundlagen

Der Bund stützt sich bei der direkten Förderung von Energieforschung auf folgende Gesetze:

- **Atomgesetz** (Art. 2) vom 23. Dezember 1959;
- **Forschungsgesetz** vom 7. Oktober 1983
- **Energiegesetz** (Art. 12) vom 26. Juni 1998;
- **CO₂-Gesetz** vom 8. Oktober 1999

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 zum grossen Teil indirekt durch Beiträge an den Schweizerischen Nationalfonds, an Forschungsprogramme der Europäischen Union sowie durch die Finanzierung von Forschungsprojekten im ETH-Bereich. Gezielte direkte Unterstützung gewähren gewisse Bundesämter, vorab das BFE, das zugleich Koordinations- und Begleitfunktion hat.

Der 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. Das Energiegesetz und die zugehörigen Verordnungen 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 Möglichkeit zur Unterstützung von **Pilot- und Demonstrationsanlagen** in ihren Gesetzen verankert.

2.4 Weitere Rahmenbedingungen

Die Verwirklichung eines nachhaltigen Energiesystems Schweiz ist ein langwieriger Prozess.

Er wird mindestens zwei Generationen, also rund 50 Jahre, dauern. Er steht damit ausserhalb des typischen politischen bzw. gesellschaftlichen Planungsrahmens. Energieforschung bedarf deshalb einer langfristigen, von den kurzfristigen politischen Stimmungen unabhängige Strategie. In regelmässigen Abständen werden vom BFE Energieperspektiven und Szenarien erstellt, welche breiten Kreisen von Politik, Wirtschaft und Wissenschaft als Planungsgrundlage dienen. In den Jahren 2004 – 2007 werden diese Perspektiven erneuert und bis ins Jahr 2050 ausgedehnt (Bisheriger Zeithorizont 2030), womit der Zeithorizont der Energieforschung einbezogen wird. Die Perspektiven werden das Gesamtsystem Schweiz betrachten und die Indikatoren Energieverbrauch, Schadstoffe, Stoffflüsse und Nachhaltigkeitsfragen beinhalten. Aussagen zu einem wünschbaren Technologiemix im Jahr 2050 und die wichtigsten Meilensteine auf dem Weg dorthin sollen wichtige Aussagen zur Strategie der Energieforschung liefern.

Die Energieforschung – und sei sie noch so gut – kann dieses Ziel nicht allein erreichen. Vielmehr hängt die zukünftige Entwicklung des Energiebedarfes und des relativen Beitrages der verschiedenen Energieressourcen von verschiedenen Faktoren ab, insbesondere sind dies:

1. Naturwissenschaftliche technische Forschung und Entwicklung
2. Deren Umsetzung und Markteinführung (unter Berücksichtigung sozio-ökonomischer Forschung)
3. Ökonomische Faktoren, insbesondere Preise von Ressourcen und von Arbeit
4. Ökologische Rahmenbedingungen
5. Ordnungspolitische Rahmenbedingungen (Gesetze, Verordnungen, Steuern und Abgaben)
6. Gesellschaftliche Wertvorstellungen (Lifestyle)

Das Energieforschungskonzept setzt vor allem bei Punkt 1 an, zum Teil auch bei Punkt 2. Dennoch wäre es Ausdruck einer falschen Selbstbeschränkung, die andern Punkte ganz ausser Acht zu lassen. Denn es ist nicht zutreffend, dass der Markt nur dem Gesetz minimaler Kosten folgt: In vielen Fällen werden bereits bestehende Kostenvorteile (z.B. bei Massnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz) nicht wahrgenommen und damit nicht genutzt, vielfach lassen sich auch durch Berücksichtigung eines immateriellen Zusatznutzen ökonomische Faktoren zugunsten einer grösseren Nachhaltigkeit verschieben. Damit rücken **ökonomische Faktoren** ebenfalls in den Bereich der Energieforschung.

Weiter sind **ordnungspolitische Rahmenbedingungen** die Folge eines politischen Willens, der sich wiederum durch den Nachweis guter technischer Lösungen stärken lässt. Schliesslich orientieren sich gesellschaftliche Wertvorstellungen an Informationen und an *gemachten* Themen, welche oft innert kürzester Zeit ändern. Einerseits verläuft dieser Wandel oft viel rascher als entsprechende Veränderungen bei Technologien; andererseits ist der gesellschaftliche Wandel nur schlecht steuer- bzw. prognostizierbar, was dessen Nutzung für die Entwicklung eines nachhaltigen Energiesystems kompliziert.

Aus diesen Gründen ist es ein wichtiges Ziel, über die Forschung und Umsetzung hinaus auch die gesellschaftlichen und politischen Rahmenbedingungen im Auge zu behalten und diese durch eine entsprechende **offensive Informationspolitik** positiv zu beeinflussen.

3. Stand der Schweizer Energieforschung

3.1 Akteure und Organisation

Das BFE hat die Aufgabe – zusammen mit der **Eidg. Energieforschungskommission CORE** – in rollender Planung **Energieforschungskonzepte** zu erarbeiten, die **Forschung** gemäss Konzept **steuernd zu begleiten und zu fördern**, die **Programme und Projekte** der Energieforschung mit andern Forschungsarbeiten zu **koordinieren und international einzubetten** sowie die **Ergebnisse in die Praxis zu überführen**. Dazu hat das BFE die Energieforschung in **zehn technische Fachbereiche eingeteilt**. Ein **elfter Fachbereich befasst sich mit sozio-ökonomischen Fragestellungen**. Die Fachbereiche sind teilweise weiter in **Bereiche** unterteilt. Jeder dieser Bereiche wird **von einem Bereichsleiter betreut und umfasst Forschungs- und Pilot-/Demonstrations-Programme sowie Umsetzungs-/Marketing-Programme** (s. Anhang 2). Für jedes Programm ist ein Programmleiter verantwortlich; oft übernimmt auch der Bereichsleiter die Leitung dieser 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**. Die Bereichsleiter sind nebst der Forschung auch für die anschliessende Markteinführung und die Marktbetreuung verantwortlich. Die Aktivitäten im Markt, welche hauptsächlich eine Steigerung der Nachfrage als Ziel haben, geschehen vorwiegend über das **Programm EnergieSchweiz¹**. Dieses arbeitet eng mit (in Agenturen zusammengefassten) privaten Organisationen zusammen. Beispiele solcher Agenturen sind die Energieagentur der Wirtschaft (EnAW), die Agentur für erneuerbare Energien und Energieeffizienz (AEE), die Energieagentur für Elektrogeräte (eae) und die Schweizerische Agentur für Energieeffizienz (S.A.F.E.). *EnergieSchweiz* unterstützt insbesondere auch indirekte Fördermassnahmen wie Aus- und Weiterbildung, Beratung, Planung, Erarbeiten von Entscheidungsgrundlagen und Massnahmen zur Qualitätssteigerung. Das Aktionsprogramm unterstützt die Umsetzung nachhaltiger Energietechniken aber auch durch Vereinbarungen, Verbrauchszielwerte, Zertifikate und Vorschriften. Für direkte Förderprogramme in den Bereichen erneuerbare Energien und rationelle Energienutzung sind in erster Linie die Kantone zuständig. Sie erhalten dafür vom Bund Unterstützung durch Globalbeiträge.

Das BFE koordiniert die Energieforschung in enger Zusammenarbeit mit den **öffentlichen Forschungsförderungsstellen**, insbesondere dem ETH-Rat, den Bundesämtern für Bildung und Wissenschaft (BBW), für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), für Landwirtschaft (BLW), für Raumentwicklung (ARE), für Strassen (ASTRA), der Kommission für Technologie und Innovation (KTI), dem Schweizerischen Nationalfonds (SNF), sowie den kantonalen Energiefachstellen. Gute Kontakte bestehen auch zu den Forschungsfonds der Energiewirtschaft (Projekt- und Studienfonds der Elektrizitätswirtschaft (PSEL), Forschungs-, Entwicklungs- und Förderungsfonds der Schweizerischen Gasindustrie (FOGA), Forschungs- und Förderungsfonds der Erdöl-Vereinigung (FEV)).

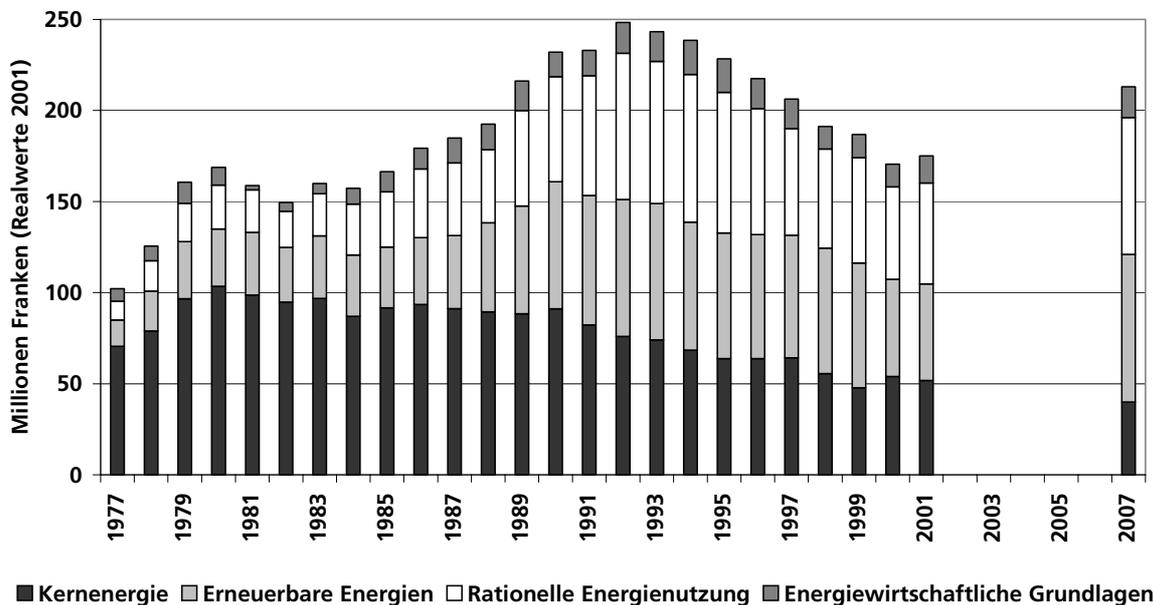
Den Grossteil der **Projekte bearbeiten öffentliche Forschungsstellen**. Auf Seiten des Bundes sind dies hauptsächlich die ETH Zürich (ETHZ) und die ETH Lausanne (EPFL), das Paul Scherrer Institut (PSI) und die Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungs-Anstalt (EMPA) und auf Seiten der Kantone die Universitäten und Fachhochschulen. Diese Stellen verfügen über eigene Mittel, profitieren aber auch von Drittfinanzierungen über die oben genannten Institutionen. Auch an **Industrie, Ingenieurbüros und Einzelpersonen** vergeben Bund und Kantone Fördermittel. Nach Möglichkeit werden die Forschungsprojekte mit Partnern aus Hochschule und Industrie gemeinsam durchgeführt. Dabei gilt das Prinzip der Subsidiarität, d.h. die Förderung durch die öffentliche Hand dient nur zur zwingend notwendigen Ergänzung der eigenen Mittel. Die Mittel des BFE werden zudem als Steuerungsinstrument eingesetzt. Bei den öffentlichen Forschungsstellen wird die Bildung von Kompetenzzentren gefördert.

¹ www.energie-schweiz.ch

3.2 Umfang und Fluss der Finanzmittel

Bei der Erstellung des Forschungskonzepts 2000 bis 2003 wurde davon ausgegangen, den absteigenden Trend der Fördermittel stoppen zu können. Es wurde sogar ein Anstieg des Budgets auf 202 Mio. Franken (Realwert 1999) geplant. Der tatsächliche **Aufwand blieb in den letzten Jahren eher abnehmend; er betrug 2001 noch rund 173 Mio. Franken** (siehe unterstehendes Diagramm).

Die Forschungsaufwendungen in den Gebieten Rationelle Energienutzung und vor allem Erneuerbare Energien sind seit 1999 zurückgegangen. Dieser Rückgang der Mittel ist weitgehend auf die ETH-Zürich zurückzuführen, welche ihre Anstrengungen in diesen Gebieten halbiert hat. Bei der Kernspaltung sind die Mittel leicht rückläufig, wobei sie noch markant über dem Planungswert liegen. Die Kernfusion entwickelt sich in etwa entsprechend den Planungswerten. Bei den Energiewirtschaftlichen Grundlagen stiegen die Forschungsaufwendungen leicht an, u.a. dank dem 1999 gegründeten, von ETH-Zürich, PSI und EPF-Lausanne unterstützten Centre for Energy Policy and Economics (CEPE) und dank der Intensivierung des Technologietransfers.



■ Kernenergie □ Erneuerbare Energien □ Rationelle Energienutzung ■ Energiewirtschaftliche Grundlagen

Aufwendungen für die Energieforschung seit Beginn der Erhebungen und Richtwerte für 2007

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 auf der nächsten Seite 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 beziehen sich hauptsächlich auf die 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 *Forschung, Entwicklung und Demonstration im Bereich der Energie in der Schweiz; Liste der Projekte*** enthalten².

² Bezugsquelle: ENET, download: www.energie-schweiz.ch, Thema Energieforschung

		HERKUNFT DER MITTEL						TOTALE
		ETH-Rat	SNF	BBT (KTI)	BFE	BBW ¹⁾ u.a. ²⁾	Kantone, Gemeinden	
FORSCHUNGSGBIETE	Rationelle Energienutzung	22.43	1.58	4.15	11.89	5.38	9.45	54.9
	Gebäude	1.49	—	0.04	3.04	0.63	2.07	7.3
	Verkehr	2.76	—	0.18	4.07	1.08	1.13	9.2
	Elektrizität	6.57	1.32	1.88	1.47	1.85	3.01	16.0
	WKK (inkl. Brennstoffzellen)	4.37	—	0.88	1.31	0.31	2.22	9.1
	Verbrennung	5.81	0.15	1.17	1.74	1.19	1.02	11.1
	Prozesse	1.43	0.11	—	0.25	0.19	—	2.0
	Erneuerbare Energien	12.43	0.92	2.35	17.13	4.57	14.83	52.2
	Solarwärme	1.64	—	—	3.20	0.49	1.75	7.1
	Photovoltaik	3.88	0.52	1.21	2.89	2.55	5.56	16.6
	Solarchemie	3.24	0.25	0.08	2.41	0.17	2.48	8.6
	Umgebungswärme	0.57	—	—	3.22	0.06	1.80	5.6
	Biomasse / Holz	0.64	0.01	0.31	3.20	0.52	1.79	6.8
	Geothermie / Wind / Wasser	2.45	0.14	0.76	1.92	0.91	1.44	7.7
	Kernenergie	34.08	1.59	—	2.31	12.47	0.60	51.0
	Kernspaltung	20.06	0.30	—	2.18	3.85	0.48	26.9
Kernfusion	14.02	1.28	—	0.13	8.61	0.13	24.2	
Energiewirtschaftliche Grundlagen	8.33	—	—	4.78	0.70	0.83	14.6	
Energiepolitik/Nachhaltigkeit/Transfer	8.33	—	—	4.78	0.70	0.83	14.6	
FORSCHUNGSSTELLEN	ETH-Zürich	11.70	0.85	1.13	1.47	1.14	—	16.3
	EPF-Lausanne	24.42	1.50	2.64	0.91	8.59	—	38.1
	EMPA	2.06	—	0.20	0.69	0.35	—	3.3
	PSI	39.05	0.14	0.62	4.58	3.83	—	48.2
	Andere Bundesstellen	0.04	—	—	2.91	0.19	—	3.1
	Ausland	—	—	—	0.50	1.01	—	1.5
	Universitäten	—	1.59	0.25	1.92	2.05	10.73	16.5
	Fachhochschulen	—	—	1.09	2.25	0.50	7.87	11.7
	Andere kantonale Stellen	—	—	—	0.98	0.09	1.03	2.1
	Privatwirtschaft	—	—	0.57	19.88	5.37	6.08	31.9
TOTALE	77.3	4.1	6.5	36.1	23.1	25.7	172.8	

1) Die BBW-Aufwendungen sind mehrheitliche Beiträge an EU-Projekte. Diese Mittel werden zukünftig direkt von Brüssel kommen; Beiträge ins Ausland sind Nettobeiträge an EURATOM und JET

2) übrige Bundesämter

Herkunft der Fördermittel der Energieforschung 2001 (in Mio. Fr.) und Verteilung auf die Forschungsgebiete (inkl. P+D) und auf die Forschungsstellen. Die Zahlenangaben (insbesondere bei der Feingliederung der Forschungsgebiete, klein Gedrucktes) sind Momentaufnahmen und somit lediglich als Grössenordnung zu betrachten. Sie können – aus finanztechnischen Gründen der Förderstellen – von Jahr zu Jahr erheblich schwanken.

3.3 Bisher erreichte Ergebnisse

Durch das Engagement der öffentlichen Hand ist es gelungen, in angestammten und neuen Gebieten der Energieforschung eine anerkannte Kompetenz zu erhalten bzw. zu erwerben. **Die Schweizer Energieforschung schneidet im internationalen Vergleich sehr gut ab.**

Die Ergebnisse finden, trotz eines Umfeldes, das Innovationen nicht gerade ermutigt, **wachsenden Eingang in den Markt**. Es ist zu berücksichtigen, dass Produkte im Energiesektor in der Regel für lange Lebensdauern ausgelegt sind; entsprechend lange dauert es, bis Umsetzungen von Forschungsergebnissen tatsächlich im Markt Eingang finden. Für jedermann wird jedoch zunehmend sichtbar, dass sich das Marktangebot – aufgrund von Ergebnissen der Energieforschung und von Marktaktivitäten des Programms EnergieSchweiz – geändert hat. Beispiele sind: *Möglichkeiten für energieeffizienteres Bauen* (bessere Fenster, wirksamere Wärmedämmung, Minergiebauten und Solararchitektur), *ein breiteres Angebot von Heizungstechniken* (Solarwärme, Wärmepumpen, Holzheizungen, saubere Öl- und Gasbrenner), *sparsamere Haushalt- und Bürogeräte*, *neue bzw. verbesserte Techniken zur Stromerzeugung* (Photovoltaik, Wärme-Kraft-Kopplung, Biogasanlagen, Kombi-Kraftwerke, effiziente Kleinwasserkraftwerke, Windkraftanlagen, Brennstoffzellen), *neue Speichertechniken* (fortgeschrittene Batterietypen, Kurz- und Langzeit-Wärmespeicher, chemische Energieträger wie Wasserstoff oder Methanol), *sparsamere Automobile* (effizientere und schadstoffärmere Motoren, Leicht- und Elektromobile).

Die Erfolge im Technologietransfer belegen zudem, dass die Forschungsförderung der öffentlichen Hand in guter Kooperation mit der Industrie erfolgt. Etablierte Firmen konnten mit neuen Produkten ihr Angebot erweitern und damit Arbeitsplätze erhalten oder schaffen. Als Beispiel sei die Firma Unaxis erwähnt, welche weltweit die führende Position bei Plasma-Bildschirmen einnimmt. Das Forschungszentrum für Kernfusion der ETH-Lausanne hat seine Kenntnisse auf dem Gebiet der Plasma-Technologie der Universität Neuenburg zur Entwicklung von Dünnschicht-Solarzellen weitergegeben. Im Jahr 2002 konnte ein Kooperationsvertrag von Unaxis mit der Universität Neuenburg abgeschlossen werden, bei dem es darum geht, zuerst amorphe und später mikromorphe Solarzellen in Grossserien und damit zu günstigen Preisen zu produzieren. Die Forschungsergebnisse haben auch zur Gründung neuer Firmen geführt. Als Beispiele seien erwähnt: *Sulzer HEXIS*, *Winterthur*, gegründet 1996 (Brennstoffzellen), *XOLOX*, *Ecublens*, gegründet 1999 (Batterien) und *VHF-Technologies*, *Le Locle*, gegründet 2000 (Dünnschicht-Photozellen).

Auch bei der **Erarbeitung energiewirtschaftlicher Grundlagen** sind Erfolge zu verzeichnen. Kürzliche Beispiele unter vielen sind: *Erhebung der durchschnittlichen Energiekennzahlen für Neubauten in 13 Kantonen* (die Kantone wollen diese Untersuchungen in Form einer periodischen Qualitätsanalyse weiterführen), *neu Bauen statt sanieren*, welche Wünschbarkeit, Hemmnisse und möglichen Massnahmen zur Unterstützung einer Ersatzneubaustrategie im Vergleich mit Gesamtanierungen prüft (die Studie hat eine Konferenz des Baumeister-Verbands zu diesem Thema ausgelöst).

Die **Resultate der Energieforschung stossen auf ein grosses Interesse** wie Erhebungen von ENET, dem Netzwerk für Informationen und Technologie-Transfer im Energiebereich, belegen. Die von ENET angebotenen Dienstleistungen: Sammlung und Vertrieb (auch via Internet³) von Publikationen, wöchentlicher News-Ticker sowie die Fachzeitschrift ENET-News, erfreuen sich steigender Nachfrage und Beliebtheit. Daneben orientieren Artikel in Fachzeitschriften regelmässig über neue Ergebnisse und deren Umsetzung im Markt.

An der **7. Schweizerischen Energieforschungskonferenz** (November 2003 in Luzern⁴) nahmen 145 namhafte Persönlichkeiten teil. Sie anerkannten ausdrücklich die bisherigen Leistungen unserer Energieforschung und erörterten und bereinigten das vorliegende Konzept. Die Teilnehmer kamen zu 52% aus Industrie, Energiewirtschaft und Verbänden, zu 22% aus den ETH, Universitäten und Fachhochschulen und zu 26% aus Verwaltung und Politik.

³ www.energieforschung.ch

⁴ www.energie-schweiz.ch, → Forschung & Bildung → Strategie der Energieforschung

3.4 Stärken und Schwächen

Die Energieforschung der öffentlichen Hand in der Schweiz zeichnet sich durch folgende **Stärken** aus:

- Sie kann mit motivierten Forschern an Institutionen mit einem **hohen Ausrüstungs- und Ausbildungsniveau** und in diversen Bereichen international **anerkannten Kompetenzzentren** durchgeführt werden.
- Im Zweijahresrhythmus werden in einer Umfrage alle energierelevanten Forschungsprojekte erfasst. Damit wird eine **gute Übersicht** geschaffen, welche eine Grundlage für die Koordination der Energieforschung darstellt. Dank dem Einsatz der Programmleiter und von ENET existiert zudem eine **gute Kommunikation** zwischen den Akteuren der Energieforschung.
- Fachhochschulinstitutionen und die enge Zusammenarbeit mit der Privatwirtschaft unterstützen eine **effiziente Umsetzung der Forschungsergebnisse** bis zur Entwicklung und Erprobung von Funktionsmustern und Prototypen ergänzt durch Beiträge der öffentlichen Hand an **Pilot- und Demonstrationsprojekten**.
- Dabei kann das BFE auch Finanzierungslücken zwischen der **orientierten Grundlagenforschung** und der Produktentwicklung überbrücken. Schliesslich wird – durch die Verknüpfung mit *EnergieSchweiz* – auch die **Marktbearbeitung** in Zusammenarbeit mit den Kantonen und diversen Verbänden gefördert.
- Nationale Projekte werden mit einem **Minimum an administrativen Umtrieben** gestartet, begleitet und abgeschlossen. Die **Programmleiter** sorgen für einen zielgerichteten und effizienten Einsatz der finanziellen Mittel. Sie **koordinieren** die nationalen Aktivitätszentren wie auch die internationale Forschungszusammenarbeit.
- Die **internationale Forschungszusammenarbeit** wird zum Erreichen der anvisierten Ziele durch Mitwirken an Forschungsprogrammen der IEA und zunehmend auch der EU intensiv genutzt. Nach der Unterzeichnung der bilateralen Verträge können schweizerische Institutionen nun auch die Leitung von Projekten der EU-Forschungsrahmenprogramme übernehmen. Die umfangreichen Beziehungen des BFE erleichtern sowohl die nationale wie auch die internationale Zusammenarbeit.

Schwächen der Energieforschung und die Hauptstossrichtungen zu deren Überwindung sind:

- Die sehr niedrigen Preise der nicht erneuerbaren Energien erzeugen einen **zu geringen Druck des Marktes** zur Realisierung neuer Lösungen. Diese scheitern deshalb in der Umsetzung leider oft aus wirtschaftlichen Gründen. → Es ist hier eine stärkere Beeinflussung der Marktkräfte v.a. durch das Programm *EnergieSchweiz* anzustreben.
- Das **Streben** weiter Bevölkerungskreise **nach einer nachhaltigeren Energieversorgung ist noch zu wenig ausgeprägt**. → Die Forschung muss durch vermehrte Information einer breiteren Öffentlichkeit zu einem entsprechenden Konsumentenverhalten beitragen. Wesentlich sind hier auch die Beiträge sozio-ökonomischer Arbeiten und des Programms *EnergieSchweiz*.
- Die **Rekrutierung von Projektmitarbeitern** an Fachhochschulen stösst auf grosse Schwierigkeiten. Es fehlt hier u.a. der einer Dissertation ähnliche Anreiz; die Studentenzahlen sind entsprechend tief. Dem steht ein grosser Bedarf der Industrie an Fachhochschulabsolventen gegenüber. Auch an Hochschulen bestehen Rekrutierungsprobleme für Projekte, die nicht zu einer Dissertation führen. → Ein stärkerer Marktdruck für neue energierelevante Produkte kann den Anreiz zum Einarbeiten in ein dadurch wirtschaftlich attraktiveres Gebiet erhöhen. Die Vergabe von Anerkennungsurkunden und Preisen für sehr gute Leistungen ist zu prüfen.
- Die **Risikofreudigkeit der Schweizer Industrie** für langfristige Investitionen ist **wenig ausgeprägt**. → Die anhaltende Beihilfe der öffentlichen Hand für Forschung, Entwicklung und Demonstration ist notwendig.
- Der **schweizerische Markt** ist für die Einführung neuer Produkte oft **zu klein**. → Hier kann nur eine weiter verstärkte internationale Zusammenarbeit und Präsenz weiterhelfen sowie eine angemessene Exportförderung.
- Die **Resultate der Energieforschung** werden **zu wenig nach deren Wirkung beurteilt**. → Für viele Vorhaben der Energieforschung ist ein möglichst hohes Verhältnis von eingesparter nicht regenerierbarer Energie (oder eingespartem CO₂) und eingesetzten finanziellen Mitteln anzustreben. Eine solche Bewertung ermöglicht auch eine verlässliche Vergleichsbasis für Projekte und Bereiche der Energieforschung.

4. Strategische Ziele

4.1 Die Vision 2050

Die Grundprinzipien der Schweizerischen Energieversorgung und damit auch der Energieforschung sind im Energieartikel der Bundesverfassung festgelegt (s. Kapitel 2.2). In den letzten 30 Jahren beherrschten *Versorgungssicherheit* und *lokale Umweltprobleme* die Energiepolitik der Schweiz. Es bleiben politisch geprägte Zugriffsprobleme. Andererseits gibt es bereits heute erste Anzeichen einer globalen Klimaänderung und **durch den steigenden Energieverbrauch können schon in wenigen Jahrzehnten irreversible Klimaänderungen eintreten, welche hohe soziale, ökologische und wirtschaftliche Kosten verursachen**. Konventionelle Lösungsansätze, welche lediglich die Sicherung der Versorgung einerseits und die rein lokalen Immissionsprobleme und Stoffflüsse andererseits betrachten, führen eher zur Verschärfung dieses Risikos. **Nur die rasche Verminderung des globalen Klimaproblems durch die gezielte Entwicklung und Implementierung 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- und Transfer- sowie Nutzungssysteme Vorteile bringen. Die Schweiz will die Energieforschung rasch und wirkungsvoll auf diese neue Gegebenheit ausrichten.

Das wichtigste Treibhausgas ist das Kohlendioxid (CO₂). **Langfristiges Hauptziel ist eine Reduktion des CO₂-Ausstosses** in der Schweiz. Vorgegeben wird eine Senkung **auf 1 Tonne pro Person und Jahr innerhalb der nächsten 50 Jahre**, d.h. auf einen Sechstel des heutigen Ausstosses. Ein solches Szenario ist durch Anwendung heute absehbarer – und durch Fortschritte in der laufenden Forschung realisierbare – Techniken grundsätzlich möglich, ohne Einbussen an Lebensqualität in Kauf nehmen zu müssen. Allerdings sind grosse Übergangsprobleme zu erwarten, und sowohl Konsumverhalten als auch Produktionsweisen müssen sich ändern. Nötig sind auch Veränderungen der nationalen und internationalen politischen Rahmenbedingungen (Steuerungsmassnahmen, Lenkungsabgaben, Anreize, Internalisierung externer Kosten etc.).

Eine derartige Reduktion des CO₂-Ausstosses erheischt auch eine Senkung des Energieverbrauchs. Deshalb bedingt dieses Szenario auch die **Zuwendung zur 2-kW-Gesellschaft**, 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.

Zusammengefasst soll **die Energieversorgung der Schweiz in 50 Jahren gegenüber heute:**

- **den Bedarf an Energie auf 1/3 senken. Dies entspricht einem mittleren Leistungsbedarf von 2 kW pro Person.**
- **den CO₂-Ausstoss auf 1/6 reduzieren, d.h. auf maximal 1 Tonne pro Person und Jahr.**
- **die übrigen Schadstoffemissionen um einen Faktor 5 senken.**
- **die durch Energiegewinnung bedingten Stoffflüsse um einen Faktor 10 verringern.**

4.2 Ziele 2004 bis 2007

Die Schweizer Energieforschung ist einer nachhaltigen Entwicklung verpflichtet. Sie beteiligt sich mit **kompetentem Fachpersonal in Ausbildung, Forschung und Umsetzung** an der Realisierung von umwelt- und sozialverträglichen sowie wirtschaftlich tragbaren Systemen zur Bereitstellung, Umwandlung und Nutzung von Energie. Sie will insbesondere Beiträge leisten zur

- **Erreichen der in der Vision 2050 formulierten Ziele**
- **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**

Kurzfristig steht zudem im Vordergrund die

- **die Unterstützung des Programms *EnergieSchweiz*, zur rationellen Energieverwendung und Nutzung erneuerbarer Energien sowie zur Förderung des Energiebewusstseins in der Bevölkerung.**

Die Energieforschung trägt zu den Zielen von *EnergieSchweiz* bei, indem kontinuierlich bestehende Technologien verbessert und neue Technologien entwickelt werden, die zu Pilot- und Demonstrationsanlagen führen und Innovationen kreieren. Zudem werden mit sozio-ökonomischer Forschung Grundlagen für neue Instrumente und für die Akzeptanz neuer Technologien erarbeitet.

Detailliertere Zielvorgaben sind dargelegt im Kapitel 6: Schwerpunkte der Forschung 2004 – 2007.

5. Strategie zum Erreichen der Ziele

Zur Zielerreichung sieht die öffentliche Energieforschung folgende strategischen Massnahmen vor:

- eine gut koordinierte nationale Aufgabenteilung
- nachvollziehbare und transparente Kriterien für die Förderung der Energieforschung
- ein reger Austausch zwischen der Grundlagenforschung und der Energieforschung
- eine wirksame Umsetzung der Forschungsergebnisse in Produkte und Dienstleistungen
- gute Rahmenbedingungen für Firmen und Forschungsinstitutionen
- weitestgehende internationale Zusammenarbeit in der Forschung
- eine griffige Kontrolle der Zielerreichung

In den folgenden Kapiteln werden diese strategischen Massnahmen erläutert.

5.1 Nationale Aufgabenteilung und Koordination

Die Entwicklung und Vermarktung neuer energierelevanter Produkte und Verfahren erfolgt über die Stufen: *orientierte Grundlagenforschung, angewandte Forschung und Entwicklung (F+E), Pilot- und Demonstrationsprojekte (P+D), Markteinführung und Marktbetreuung*. Die **Forschungsstellen mit ihren Anteilen** zur erfolgreichen Bewältigung der einzelnen Stufen sind in der folgenden Tabelle aufgeführt. Je nach Gebiet weichen die Anteile von den angegebenen Richtwerten ab. Markteinführung und Marktbetreuung gehören nicht mehr zur Energieforschung und sind damit nicht Gegenstand des vorliegenden Konzepts. Sie bilden aber zentrale Elemente des Programms *EnergieSchweiz* und werfen oft neue technische, ökonomische, ökologische und sozialwissenschaftliche Fragen auf, die durch weitere Forschungsprojekte beantwortet werden müssen.

		Stufen der Energieforschung			Markteinführung und Marktbetreuung
		Orientierte Grundlagenforschung	Angewandte Forschung und Entwicklung (F+E)	Pilot- und Demonstrationsprojekte (P+D)	
öff. Hand	ETH-Bereich, Universitäten	70%	20%		
	Fachhochschulen	15%	25%	10%	
Privatwirtschaft	Ingenieur- und Planungsbüros		5%	10%	5%
	Unternehmen und (und evtl. Verbände)	15%	50%	80%	95%

Richtwerte für die Anteile der öffentlichen und privaten Forschungsstellen an den einzelnen Stufen zur Entwicklung und Vermarktung energierelevanter Produkte und Verfahren.

Förderbeiträge erfolgen durch Institutionen des Bundes, der Kantone und privater Forschungsfonds:

- Auf **Bundesebene** wird die Energieforschung zur Hauptsache durch den ETH-Rat, das BFE, das BBW, die KTI und den Schweizerischen Nationalfonds gefördert. Diese **Institutionen** weisen entsprechend den unterschiedlichen Anforderungen der relevanten Forschungs- und Entwicklungsstufen und ihren verschiedenen politischen Zielsetzungen unterschiedliche **Hauptzielrichtungen, Vorgehensweisen** und **Besonderheiten** zur Projektrealisierung auf:
 - Der **ETH-Rat** achtet bei der Zuweisung der Mittel insbesondere auf die wissenschaftlich hochstehende Qualität der Vorhaben. Dies unter der Beachtung der **Nachhaltigkeit der technischen Entwicklung**.
 - Das **BBW** finanziert und koordiniert die internationale Zusammenarbeit von Schweizer Forschergruppen innerhalb der EU-Rahmenprogramme bis zum Ende des fünften Rahmenprogramms. Für das sechste und die folgenden Rahmenprogramme werden die Mittel direkt von der Europäischen Kommission in Brüssel vergeben.
 - Das Ziel der **KTI** ist die Stärkung der technologischen Wettbewerbsfähigkeit der Schweizer Wirtschaft. Unterstützt werden Ideen mit hohem kurz- und mittelfristigem Marktpotenzial, wobei in den Projekten ausschliesslich die Hochschulpartner finanziert werden. Mindestens 50% der Projektkosten müssen von den Partnern aus der Privatwirtschaft getragen werden, dafür haben diese einen Anspruch auf Geheimhaltung der Forschungsergebnisse.
 - Der **SNF** unterstützt die freie Grundlagenforschung innerhalb und ausserhalb der Hochschulen und fördert den wissenschaftlichen Nachwuchs. Mit interdisziplinären und Problem-orientierten Forschungsprogrammen sollen wissenschaftlich fundierte Lösungsbeiträge zu Problemen gesellschaftlicher Bedeutung erarbeitet und wissenschaftliche Kompetenzzentren für bestimmte Themenkomplexe etabliert werden.
 - Das **BFE** unterstützt die Forschung **subsidiär** in der ganzen Breite von der orientierten Grundlagenforschung bis zur Markteinführung der Produkte. Zudem benutzt es sein Forschungsbudget als wesentliches Steuerungsinstrument. Es ist bei ca. 70 Prozent aller öffentlich finanzierter Energieforschungsprojekte finanziell beteiligt und kann dadurch bei diesen lenkend eingreifen. Bei weiteren rund 20 Prozent der Projekte macht das BFE seinen Einfluss durch Einsitz in Fördergremien und in Begleitgruppen durch Begutachtungstätigkeit geltend. Durch die zweijährlichen Erhebungen aller öffentlich finanzierten Energieforschungsprojekte erhält das BFE auch von den restlichen rund 10 Prozent der Projekte Kenntnis. Doppelspurigkeiten können somit weitgehend ausgeschlossen werden. Die **zielgerichtete Koordination**, Beeinflussung und Überwachung der Forschungsprojekte erfolgt über die Programmleiter des BFE (s. Kapitel 3.1).
- Die **Kantone** unterstützen die Energieforschung an den Universitäten, Fachhochschulen und bei P+D-Projekten.
- Bedeutende **private Fonds** im Energiebereich sind die Forschungsfonds der Elektrizitätswirtschaft (PSEL), der Gaswirtschaft (FOGA) und der Erdölwirtschaft (FEV). Diese sind schwerpunktmässig auf Untersuchungen in ihrem Energiegebiet ausgerichtet.

5.2 Kriterien zur Förderung von Projekten

Forschungsprojekte im Energiebereich, welche durch die öffentliche Hand gefördert werden, müssen die **grundlegenden Voraussetzungen** gemäss Abschnitt 2.1 erfüllen, und zudem im weitesten Sinn zu den strategischen Zielen nach Kapitel 4 beitragen und im engeren Sinn den Schwerpunkten der Energieforschung 2004 bis 2007 gemäss Kapitel 6 entsprechen.

Bei Forschungsarbeiten in Gebieten mit hoher Priorität ist es sinnvoll, **technische und institutionelle Alternativen** (auch über internationale Zusammenarbeit) zu verfolgen, um Schwankungen und Fehlschläge aufzufangen und um nicht Opfer von *Stop-and-go*-Effekten zu werden.

Generell gilt folgender **Kriterienkatalog** für die Unterstützung von Forschungs- und Entwicklungsprojekten sowie von Pilot- und Demonstrationsanlagen:

- Das Endprodukt des Vorhabens ist im öffentlichen Interesse, das heisst es lässt im Vergleich zu den bisherigen Lösungen eindeutige **ökologische und volkswirtschaftliche Vorteile** erwarten. Die potenziellen Einsparungen an Energie, CO₂-Ausstoss und Schadstoffemissionen sind aufgrund der Markterwartungen quantifiziert.
- Das Vorhaben verspricht eine hohe **technisch-wissenschaftliche Qualität**. Die kritischen Punkte werden erkannt und ein zweckmässiger Lösungsweg zu deren Überwindung wird detailliert aufgezeigt. Die beteiligten Forschungsinstitutionen sind für die Durchführung des Vorhabens geeignet und die beteiligten Forscher sind im Forschungsgegenstand genügend kompetent.
- Literatur- und Patentrecherchen zeigen **keine Doppelspurigkeiten** oder problematische Konkurrenzsituationen. Das Vorhaben ist mit ähnlichen, auch internationalen Arbeiten koordiniert.
- Falls Konkurrenzprojekte mit ähnlicher Zielsetzung oder bereits Konkurrenzprodukte bestehen, bedeutet das Ergebnis des Vorhabens einen wichtigen **Schritt vor die Konkurrenten**.
- Das Projekt muss ein genügend **grosses Anwendungspotential** besitzen.
- Die Situation im Marktumfeld wird analysiert. Die **Marktchancen** des Endprodukts des Vorhabens werden nachvollziehbar beurteilt. Sie sind kurz-, mittel- oder langfristig aussichtsreich und die Akzeptanz beim Konsumenten ist vorhanden. Je näher ein Vorhaben am Markt ist, umso detaillierter sind die Marktabklärungen.
- Für die **Umsetzung der Forschungsergebnisse** besteht ein Konzept. (Wer macht was bis wann? Wie erfolgt die Markteinführung?) Je näher ein Vorhaben am Markt ist, umso detaillierter ist dieses Umsetzungskonzept.
- **P+D-Anlagen** müssen hinreichend instrumentiert und ausgemessen werden und die Auswertung der Messdaten muss sichergestellt sein. Bei standortgebundenen Anlagen dürfen keine Konflikte mit Vorgaben von Standortgemeinde, -region und -kanton auftreten.
- Die **zielgerichtete Abwicklung** des Projekts wird durch eine klare Etappierung des Projekts sichergestellt. Jede Projektetappe wird durch überprüfbare Meilensteine und definierte abzuliefernde Produkte (Deliverables) abgeschlossen. Der termingerechte Projektfortschritt wird durch einen detaillierten und realistischen Forschungszeitplan unterstützt. Projektbegleitgruppen aus interessierten Kreisen fördern die Anwendungsnähe der Forschungsarbeiten. Publikation der Projektergebnisse und Durchführung von Workshops am Projektende.
- Die **Projektfinanzierung** erfolgt nach den gültigen BFE-Ansätzen. Der budgetierte finanzielle Aufwand wird detailliert begründet. Er erscheint zum Erreichen der Projektziele angemessen. Die Eigenleistungen der Projektpartner werden detailliert nachgewiesen. Sie sind umso höher, je näher ein Vorhaben am Markt ist. Auch die zur Umsetzung nötigen Mittel werden ausgewiesen. Bei umfangreicheren Projekten erfolgt eine separate Budgetierung für die einzelnen Projektetappen mit der Möglichkeit zur Sistierung nach jeder Etappe.

5.3 Orientierte Grundlagenforschung

Die orientierte Grundlagenforschung dient der Gewinnung einer breiten Basis von Wissen, welches den Hintergrund für die Lösung von anerkannten oder erwarteten, gegenwärtigen oder zukünftigen Problemen oder Möglichkeiten bildet⁵. Im Gegensatz dazu dienen die in der angewandten Forschung erarbeiteten Erkenntnisse primär der Entwicklung neuer oder besserer energietechnischer Produkte und Verfahren. In der experimentellen Entwicklung werden schliesslich aufgrund der Erkenntnisse aus der Forschung und der Praxis erste Funktionsmuster neuer energietechnischer Produkte realisiert und getestet. Die Energieforschung in der Schweiz fördert in erster Linie angewandte Forschung und Entwicklung.

Aus den Erkenntnissen der orientierten Grundlagenforschung können sich für die Energietechnik interessante Anwendungen abzeichnen (Beispiel: Metallhydride für die Wasserstoffspeicherung). **Umgekehrt wird oft auch durch bisher unbekannte Phänomene in der angewandten Forschung** und Entwicklung sowie bei der Realisierung und dem Betrieb energietechnischer Anlagen **orientierte Grundlagenforschung ausgelöst** (Beispiel: thermoakustische Schwingungen in Gasturbinen).

Nebst chemischen, physikalischen und technischen Grundlagen werden in der orientierten Grundlagenforschung auch ökologische und sozioökonomische Grundlagen erforscht. Im Vordergrund stehen auch hier allgemeine Erkenntnisse. Sie schliessen aber Wissenslücken in **energierelevanten ökologischen, ökonomischen und gesellschaftlichen Bereichen**. Diese Forschungsarbeiten führen nicht zu neuen Produkten oder Verfahren, sondern zu einer besseren Akzeptanz neuer Lösungen und zur Erfassung ihrer Auswirkungen auf die Umwelt, die Wirtschaft und die Gesellschaft.

Wo sie für die Entwicklung einer nachhaltigen Energieversorgung relevant ist, soll die orientierte Grundlagenforschung durch öffentliche Energieforschungsmittel unterstützt werden. Die Unterstützung soll Anreize für die Grundlagenforschung schaffen, sich mit potentiell energierelevanten Aspekten der Forschung zu beschäftigen.

Der Übergang von der orientierten Grundlagenforschung zu anderen Stufen der Energieforschung ist fließend (siehe auch Kapitel 2.1). Gerade für die Energieforschung gilt es, ein paralleles nebeneinander Hergehen von orientierter Grundlagenforschung, angewandter Forschung und Entwicklung und Pilot- und Demonstrationsprojekte mit gegenseitigem Austausch zu ermöglichen. Es ist wichtig, dass sich die **Programmleiter** dessen bewusst sind und **wo möglich und sinnvoll Brücken schlagen**.

Von den im Kapitel 6 erwähnten Schwerpunktthemen der Energieforschung 2004 bis 2007 sind folgende eher der **orientierten Grundlagenforschung** zuzuweisen:

- Erarbeiten von Grundlagen zur ökologischen Beurteilung von Energiesystemen
- Analyse der Energieaspekte von städtischen und ländlichen Quartieren
- Moderne Mobilitätsformen und Verkehrsvermeidung
- Nano-Wissenschaft und -Technologie
- Hochtemperatur-Supraleitung
- Erforschung katalytischer Phänomene in der Brennkammer
- Kenntnis über Bildungsmechanismen und Wirkung von Feinstäuben
- Neue Methoden zur Messung der Temperatur und der geothermischen Eigenschaften im Erdreich
- Alterung und Bruchmechanik von Materialien (in Kernkraftwerken)
- Sicherheitsaspekte des Systems Mensch-Maschine, moderne Sicherheitsanalyse
- Diverse Forschungsarbeiten zur Kernfusion
- Diverse Forschungsarbeiten zu energiewirtschaftlichen Grundlagen

⁵ vgl. Frascati Manual 2002 – proposed standard practice for surveys on research and experimental development, OECD, ISBN 92-64-19903-9, No. 52703, Paris 2002

5.4 Umsetzung der Forschungsergebnisse

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 in einem möglichst frühen Stadium**.

Der Transfer der Ergebnisse von der Forschung in den Markt ist integrierende Aufgabe der Forschungsförderung der öffentlichen Hand. Anzustreben ist insbesondere auch eine Verkürzung der Einführungszeiten nachhaltiger Energietechniken. Nebst dem **direkten Einbezug von Industriepartnern in die Forschungsarbeit** ist die analysierende **Unterstützung von Pilot- und Demonstrationsprojekten** eines der wichtigsten Instrumente, das zur Umsetzung der Energieforschung zur Verfügung steht. Die enge Zusammenarbeit mit der Privatwirtschaft und deren Hauptfinanzierung sind dabei unabdingbar. Durch die Umsetzung der schweizerischen Energie- und Klimapolitik soll das Programm **EnergieSchweiz** zudem die Marktbedingungen für die Einführung neuer Energietechnologien von der Nachfrageseite verbessern (Subventionen der Kantone, freiwillige Massnahmen, Marketing, Vorschriften).

Bei der **Auswahl von P+D-Projekten** haben jene Gebiete Priorität, in denen schweizerische Wirtschaftspartner bereits tätig sind oder die in ihrem Kompetenzbereich liegen. In gut begründeten Fällen (z.B. zur Beeinflussung internationaler Grosskonzerne mit grossem Multiplikationsfaktor, oder wenn die Forschung genügend generisch ist, sodass das Know-how in der Schweiz bleibt) können ausnahmsweise auch P+D-Projekte auf Gebieten gefördert werden, in denen die ausländische Wirtschaft eine starke Stellung einnimmt.

Für die Umsetzung von Forschungsergebnissen ist einerseits die jeweilige **Fachwelt** und andererseits die **breite Öffentlichkeit** über Energieforschungs- und Entwicklungsarbeiten, Zeithorizonte neuer Produkte, Kosten-, Nutzen- und Umweltrelevanz umfassend zu informieren. Über die Fortschritte in den vom BFE direkt betreuten Programmen und Projekten wird bereits **in ausführlichen Jahresberichten, in der Fachliteratur, im Internet sowie auf speziell organisierten Tagungen und Seminaren berichtet**. Das BFE verleiht auch jährlich im Rahmen des jährlich vergebenen *Swiss Technology Award* einen Sonderpreis *Energie*. Zudem bietet es Hilfe für die Exportanstrengungen der Privatwirtschaft, insbesondere der KMU, an. Alle Berichte aus der schweizerischen Energieforschung (auch aus nicht direkt vom BFE betreuten Projekten) werden von **ENET** – eine speziell für die Energieforschung geschaffene Informationsstelle – gesammelt und bekannt gemacht. Unter www.energieforschung.ch können Informationen und Publikationen der einzelnen Forschungsprogramme sowie Hinweise zu Veranstaltungen und verwandte Informationen abgerufen werden. Dreimal jährlich erscheint auch die Zeitschrift ENET-News, welche über den aktuellen Stand von Forschungs- und Pilotprojekten orientiert und ein News-Ticker informiert wöchentlich über neue Forschungsergebnisse auch ausserhalb unseres Landes. Alle zwei Jahre veröffentlicht das BFE zudem eine **Liste der Energieforschungsprojekte in der Schweiz**. Alle diese Aktivitäten sind weiterzuführen.

Ein weiteres Standbein der Umsetzung ist die Vermittlung neuer Erkenntnisse der Energieforschung und die Sensibilisierung für Anliegen einer nachhaltigen Energieversorgung in der **Aus- und Weiterbildung**⁶. Gemäss Energiegesetz besteht für das BFE ein Auftrag für die Aus- und Weiterbildung von Fachleuten im Energiebereich. Für Baufachleute bestehen auf allen Niveaus (Architekt bis Installateur) diesbezügliche Angebote und für Fachleute anderer Energieanwendungen sollen solche Angebote geschaffen werden.

Der Abklärung von Bedürfnissen sowie der Suche nach neuen Lösungen mit allen Beteiligten beim Transfer der Ergebnisse von der Forschung in den Markt dienen auch die **Kontakte** mit den Wirtschaftspartnern, Informationen aus Fachzeitschriften und dem Internet sowie diverse Veranstaltungen wie Workshops und Tagungen. Die BFE-Programmleiter sollen diese Möglichkeiten weitestgehend nutzen. Die **Schweizer Energieforschungs-Konferenzen** (alle ca. 3 Jahre) haben sich zudem als gut geeignetes Forum erwiesen, gemeinsam mit allen beteiligten Interessengruppen des Landes deren Bedürfnisse abzuklären und nach Lösungen zu suchen, die an die Rahmenbedingungen in der Schweiz angepasst sind.

⁶ www.energie-schweiz.ch → Forschung & Bildung → Aus- und Weiterbildung → Bund und Kantone

5.5 Rahmenbedingungen für Firmen und Forschungsinstitutionen

Der Einsatz von öffentlichen Mitteln für die Energieforschung in der Privatwirtschaft erfolgt nach dem Prinzip der Subsidiarität. D.h. es wird nur dort gefördert, wo prioritäre Gebiete von der Privatwirtschaft vernachlässigt werden (weil zu risikoreich), wo andererseits aber gute Perspektiven zur Umsetzung bestehen.

Bei der Markteinführung profitiert die Privatwirtschaft von der direkten und indirekten Förderung durch EnergieSchweiz. Im Rahmen dieses Programms werden auch Verbrauchszielwerte, Zertifikate und Vorschriften erarbeitet, welche die Rahmenbedingungen für die betroffenen Firmen weiter verbessern.

Bei der öffentlichen Forschungsförderung – insbesondere bei der Produktentwicklung – können sich 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 bei der Zusammenarbeit öffentliche Hand und Privatwirtschaft eine wichtige Rolle. In der schweizerischen Hochschulforschung herrschen diesbezüglich – mit Ausnahme des ETH-Bereichs – grosse Unsicherheiten. **Die Entwicklung und Implementierung einer aktiven Patentstrategie für öffentliche Forschungsstellen** ist voranzutreiben. 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.

Vorläufig soll die **Regelung der KTI** auch für die Energieforschung gelten: Übernimmt der private Projektpartner einen Finanzierungsanteil von mehr als 50 Prozent und finanziert die öffentliche Förderungsstelle ausschliesslich die im Projekt involvierten öffentlichen Forschungsinstitutionen, hat der private Projektpartner das Recht zur Anmeldung von Patenten und zu deren uneingeschränkter Nutzung. Die Schlussberichte können dann vertraulich erklärt werden. Das Recht zur Patentanmeldung und der sich aus den Patenten ergebenden Entschädigungsansprüche haben die Partner unter sich zu regeln. Die öffentliche Förderungsstelle ist über die Patentanmeldung zu informieren. Falls Patente oder Patentlizenzen ohne Nutzung durch die Projektpartner veräussert werden, sind die gewährten Bundesbeiträge ganz oder teilweise zurückzuzahlen. An ausländische Interessenten dürfen Patente oder Patentlizenzen nur nach Bewilligung durch die öffentliche Förderungsstelle übertragen werden.

Der Schweizer Markt ist für die wirtschaftliche Produktion von energieeffizienten Produkten und von Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energie oft zu klein. Dadurch wird auch die Umsetzung der Energieforschung beeinträchtigt. **Eine wichtige Massnahme zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit von Technologien und Produkten ist daher der Export.** Gegenwärtig liegt das Exportvolumen in diesem Segment bei rund 790 Mio. Franken⁷. Eine Verdoppelung bis Verdreifachung des Exports bis zum Ende des Jahrzehnts wird als realistisch eingestuft⁵. Grosse Unternehmen haben die Möglichkeit über Vertretungen im Ausland ihre Produkte in einem grösseren Markt zu vertreiben. **Kleine und mittlere Unternehmen (KMU)** benötigen dazu die Unterstützung der öffentlichen Hand. Durch die Verabschiedung des Exportförderungsgesetzes (Oktober 2000) haben sich dabei neue Möglichkeiten eröffnet. Die Osec wurde beauftragt, mit einem nationalen und zusammen mit dem EDA mit einem internationalen Netzwerk (Swiss business hubs) und weiteren Dienstleistungen die Exportmöglichkeiten für KMU zu verbessern. Dieses Angebot soll für die Verbreitung und die Verbesserung der Wirtschaftlichkeit von neuen energierelevanten Technologien und Produkten konsequent ausgebaut und genutzt werden⁸.

⁷ vgl. *Förderung des Exports im Bereich der Energietechnologien*, zu beziehen bei BBL, Vertrieb Publikationen, Bestellnummer: 805.045 d

⁸ vgl. *Konzept zur Förderung des Exports nachhaltiger Energietechnologien*, download unter www.energieschweiz.ch → Forschung & Bildung → Strategie der Energieforschung → Konzept der Energieforschung

5.6 Internationale Zusammenarbeit

Die Schweiz kann ebensowenig Energiepolitik und Energieforschung isoliert 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 beteiligte 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, mit Vorteil im Alleingang verfolgt. Dies verbessert die Wettbewerbsfähigkeit von Branchen und Betrieben. 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 der OECD (NEA)** voll genutzt. Die IEA ermöglicht auch Kontakte zu aussereuropäischen Ländern – insbesondere zu den USA und zu Japan – und erleichtert die Realisierung von bilateralen Projekten mit den IEA-Mitgliedstaaten. Eine steigende Beteiligung ist bei den Energieforschungsprojekten **im Rahmen der EU-Forschung** zu verzeichnen, in der bereits seit mehreren Jahren die Forschung im Bereich der Kernfusion europaweit koordiniert wird. Mit der Inkraftsetzung des bilateralen Abkommens im Forschungsbereich zwischen der EU und der Schweiz ist die Mitbestimmung und der Zugang der Schweiz zu solchen Projekten wesentlich erleichtert worden. Die europäische Zusammenarbeit im Energieforschungsbereich hat dadurch zweifellos weitere spürbare Impulse erhalten.

Im Ausland durchgeführte Forschungsprojekte sind nur zu unterstützen, wenn dadurch eine Wertschöpfung für die Schweiz initiiert wird. Daneben kann sich die Schweiz an internationalen Forschungsprojekten in ausländischen Grossanlagen beteiligen, deren Betrieb die Möglichkeiten einzelner Staaten übersteigt.

Eine weltweite Zusammenarbeit mit und ein verstärktes Engagement in sich entwickelnden Ländern wird langfristig und insbesondere im Problemkreis Energie und 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.

5.7 Kontrolle der Zielerreichung

Controlling und Qualitätssicherung der Energieforschung geschieht heute durch die Projektbegleitung der Programm- und Bereichsleiter sowie der Begleitgruppen einerseits und die regelmässige, öffentlich zugängliche Berichterstattung (mündliche Zwischenberichte und schriftliche Jahresberichte) der Projektleiter. Die CORE kontrolliert das Geschehen durch je einen den einzelnen Programmen zugeteilten Paten sowie die Jahresüberblicksberichte der Programmleiter. Zudem haben die Programmleiter ihre Forschungsprogramme mit Ergebnissen, Zukunftsplänen und der Beurteilung der Umsetzung in einem ca. dreijährigen Rhythmus der Kommission vorzustellen.

Nicht alle Programme und Projekte haben jedoch genügend klare, etappierte und qualifizierte Zielsetzungen. Ohne überprüfbare quantitative Ziele lässt sich jedoch die Wirkung der Energieforschung bezüglich ihrer Stossrichtung – einer nachhaltigen Energieversorgung – nur schwer beurteilen. Eine Quantifizierung der Ziele ist sinnvoll sowohl für Forschung und Entwicklung als auch für Pilot- und Demonstration. Die CORE ist dabei, in allen Bereichen ein strafferes Controlling zur Überprüfung der Zielerreichung einzuführen. Wichtigster Bestandteil dieses Controllings ist die **verbindliche Festlegung der Forschungsziele, welche klar, realistisch und überprüfbar sein müssen**.

Innerhalb einzelner Forschungsprogramme sind zur einfachen Quantifizierung **bereichsspezifische Kennzahlen** wie elektrischer Wirkungsgrad von Blockheizkraftwerken, Jahresarbeitszahl bei Wärmepumpenheizsystemen, elektrischer Wirkungsgrad von Solarzellen, Wärmedämmeigenschaften von neuen Materialien usw. zu verwenden. Die CORE achtet auf die Definition überprüfbarer quantitativer Zielsetzungen in den einzelnen Forschungsprogrammen und die Einhaltung der dafür gesetzten Termine. Sie verlangt in den Jahresübersichten der Programmleiter für F+E und P+D einen jährlichen Vergleich zwischen den Zielsetzungen und dem im Berichtsjahr tatsächlich Erreichten. Die Abweichungen von den Sollwerten werden unter Berücksichtigung unvorhersehbarer Ereignisse und Schwierigkeiten, der finanziellen Mittel, der verfügbaren Institutionen und Mitarbeiter kurz begründet. Neben der Zielerreichung werden auch Termine, Meilensteine, Energiewirkung und Marktnähe überprüft. Nicht Bestandteil des Controllings sind die Finanzen, welche nach wie vor direkt von den Förderungsstellen wahrgenommen werden sowie auch die interne Organisation innerhalb der Forschungsbereiche. Die Beurteilung der jährlichen Programmfortschritte geschieht durch die entsprechenden CORE-Paten, gemeinsam mit den Programmleitern. Dadurch ist die Kommission besser über die Aktivitäten und den Erfolg in den einzelnen Bereichen informiert und kann nach Bedarf Steuerungsmassnahmen einführen.

Als **Pilotprojekt** ist das Controlling zunächst **in vier Bereichen** eingeführt worden (*Gebäude, Elektrizität, Photovoltaik* und *Solarchemie*). Nach allfällig notwendigen Anpassungen der überprüften Grössen und am Controllingbericht durch die CORE soll das Controlling auf alle Bereiche ausgedehnt werden.

Die Energieforschung wird regelmässig **durch international zusammengesetzte Expertengruppen evaluiert**. Dies zum einen, indem Institutionen (z.B. PSI) ihre Arbeiten auf eigene Initiative prüfen lassen. Zum anderen lässt aber auch das BFE bereichsweise die Forschungs- und Umsetzungsarbeiten bewerten. Dabei wird beurteilt, was diese Forschungsprogramme zum Erreichen der Vision 2050 (Kapitel 4.1) und zu den politischen Vorgaben (Kapitel 2.2) beitragen und welche Qualität die Schweizer Energieforschung im internationalen Vergleich aufweist. Weiter werden auch seitens der IEA Tiefenprüfungen der Länder durchgeführt, welche die Forschung und Entwicklung als wichtiges Thema mit beinhalten. Geäusserte Kritik wird ernst genommen und – unter der Obhut der CORE – weitmöglichst umgesetzt.

5.8 Zusammenfassung der Leitsätze

Zur Erfüllung der strategischen Ziele – unter Berücksichtigung der energie- und forschungspolitischen Vorgaben – gelten für die Energieforschung in der Schweiz folgende Grundsätze:

Generelle Leitsätze

1. *Nachhaltigkeit und ganzheitliches Denken und Handeln*

Die globale Ressourcen- und Bevölkerungsentwicklung machen eine **nachhaltige Energieversorgung und Energienutzung unerlässlich**. Die Energieforschung soll von einer **ganzheitlichen Denkweise** getragen werden. Insbesondere ist den Beziehungen zwischen Technik und Umwelt sowie gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Aspekten Beachtung zu schenken. **Inter- und transdisziplinäre Vorhaben** sind zu fördern.

2. *Art der Forschung*

Energieforschung ist primär zweckgerichtete, angewandte Forschung. In der Schweiz fehlen in wichtigen Gebieten Kompetenzzentren, die technologische zweckorientierte Forschung im ständigen Kontakt mit der Industrie betreiben. Im Vergleich zu der in der Schweiz sehr gut vertretenen Grundlagenforschung besteht dabei insbesondere im Energiebereich ein Nachholbedarf, den es zu decken gilt. Bei wichtigen Themen der Energieforschung, die von der Privatwirtschaft nicht aufgegriffen werden, muss sich die öffentliche Hand engagieren.

3. *Zeithorizont*

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.

4. *Priorisierung und Vernetzung*

Die schweizerische Energieforschung **fokussiert sich 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, eine hohe Wertschöpfung für die Schweiz erwarten lassen oder signifikante Beiträge zur globalen Nachhaltigkeit liefern. In Forschungsgebieten hoher Priorität ist zur Wahrung der **Kontinuität** die Bildung und der Erhalt personell und materiell gut dotierter Forschungsgruppen sicherzustellen. Die **Vernetzung** von Forschungs- und Lehrinstitutionen, welche fachspezifische und international anerkannte Kompetenzzentren bilden, wird gefördert.

5. *Parallele Entwicklungen zulassen*

Bei den wichtigsten Forschungszielen ist es sinnvoll, **technische und institutionelle Alternativen zu verfolgen** (auch im Rahmen internationaler Zusammenarbeit), um Fehlschläge aufzufangen und Verzögerungen möglichst zu vermeiden, aber auch um eine förderliche Wettbewerbssituation zu schaffen.

6. *Internationale Zusammenarbeit*

Gute Forschung hat immer eine internationale Ausrichtung. **Internationale Zusammenarbeit und Kommunikation** verstärkt die Effizienz der eingesetzten Forschungsmittel. Voraussetzungen für eine erfolgreiche Zusammenarbeit (insbesondere im Rahmen von IEA- und EU-Projekten) sind aktive Teilnahme und anerkannte, qualitativ hochwertige Beiträge der Schweiz. Die internationale Zusammenarbeit muss über den Kreis der Industriestaaten hinausgehen und **sich entwickelnde Staaten einbeziehen**.

7. *Beteiligungsprinzip*

Der Einsatz von Bundesmitteln in der **Privatwirtschaft erfolgt nach dem Beteiligungsprinzip**, wonach sich die Unternehmen am Aufwand der öffentlichen Forschungsinstitutionen beteiligen, so dass Vorhaben mit guten Aussichten auf Umsetzung zum Zuge kommen. Auch sollen Impulse zur Entfaltung einer industriellen Eigendynamik ausgelöst werden. Die wirtschaftsfreundliche Nutzung des mit öffentlichen Fördermitteln ermöglichten geistigen Eigentums (Patente, Lizenzen) wird gesichert.

8. *Forschung im Ausland*

Im Ausland durchgeführte Forschungsprojekte werden nur in Ausnahmefällen (z.B. bei Grossanlagen) finanziell unterstützt.

9. *Von der Forschung in den Markt*

Der Transfer der Ergebnisse von der Forschung in den 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. Zur Umsetzung im Markt dient vor allem das Programm EnergieSchweiz. Einerseits wird eine Beschleunigung der Einführungszeiten nachhaltiger Energietechniken angestrebt. Andererseits muss berücksichtigt werden, dass der Zeitraum für die Entwicklung einer neuen Energietechnik von der Grundlagenforschung bis zur technischen Reife oft in der Grössenordnung von Jahrzehnten liegt. Die Forschung muss diese **langen Einführungszeiten im Auge behalten** und zugleich flexibel genug sein, rasch auf Erfolg versprechende Neuentdeckungen zu reagieren.

10. *Ausbildung*

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.

11. *Information*

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 Vision 2050 (Kapitel 4.1) aufzuzeigen.

Spezifische Leitsätze für die Jahre 2004 bis 2007

- Die Forschungsschwerpunkte sind bei Techniken und Massnahmen zur **Nutzung erneuerbarer Energien und zum rationellen Umgang mit Energie** zu setzen; dazu gehören insbesondere die Nutzung von Sonnenenergie, von Umgebungswärme und von Biomasse sowie effiziente Techniken für die Energieumwandlung, die Energiespeicherung, den Transport neuer Energieträger und die Endenergienutzung.
- Die Einsatzbereiche werden fokussiert auf den **Gebäudesektor, den Individualverkehr sowie auf Systeme zur Versorgung und Entsorgung**.
- In diesen drei Fokusbereichen hängt die Nutzung erneuerbarer Energien und der rationelle Umgang mit Energie zentral von wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Entscheidungen ab. Der Forschung auf dem **Gebiet energiewirtschaftliche Grundlagen** kommt deshalb eine wichtige **sektorübergreifende Bedeutung** zu.
- Die **Fission** trägt zur Zeit massgeblich zur schweizerischen Elektrizitätsproduktion bei. Obwohl die Schweiz nicht mehr im Kernkraftwerkbau tätig ist, ist weiterhin sicherheitsrelevante Forschung in internationaler Zusammenarbeit nötig, um eine unabhängige Fach- und Beurteilungskompetenz auf internationalem Niveau zu erhalten. Damit wird zu einem sicheren Betrieb der bestehenden Kernkraftwerke und zu einer sicheren Entsorgung des nuklearen Abfalls beigetragen, der Nachwuchs gefördert und die Beteiligung an künftigen internationalen Programmen ermöglicht. Die Kernkraftwerksbetreiber und die öffentliche Hand sind angemessen mit den entsprechenden Aufwendungen zu belasten.
- Die **Fusion** stellt eine künftige Möglichkeit zur Erzeugung nutzbarer Energie dar, ist jedoch auf lange Zeit hin noch nicht einsetzbar. Die genaue Gestaltung zukünftiger Fusionsreaktoren sowie – zu gegebener Zeit – sozio-ökonomische Aspekte sind in weiteren, umfangreichen Untersuchungen noch zu definieren. Mit vertretbarem Aufwand soll die schweizerische Teilnahme an den diesbezüglichen internationalen Forschungsarbeiten aufrecht erhalten bleiben. Dies insbesondere auch angesichts der hervorragenden Qualität dieser Forschung mit ihren bedeutenden Auswirkungen auf andere technische Gebiete und auf die Ausbildung von wissenschaftlichem Personal.
- Bei der Entwicklung von Technologien und Systemen ist darauf zu achten, dass hinsichtlich der Ökobilanz **optimale Stoff- und Energieflüsse** gewährleistet sind.

6. Schwerpunkte der Energieforschung 2004 – 2007

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

Dieser Neubeurteilung liegen die in den Kapiteln 2 und 5 dieses Dokuments ausgeführten politischen und strategischen Richtlinien zugrunde, deren wichtigste hier kurz zusammengefasst sind.

Energiepolitische Prioritäten

- Hauptziele sind eine effiziente Energienutzung sowie die drastische Reduktion des CO₂-Ausstosses.
- Vorzug geniessen nachhaltige, neue Energietechnologien sowie erneuerbare Energien.
- 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 aufweisen.
- Wichtige Ziele sind auf mehreren Wegen anzustreben, je nach Thema auch in internationaler Zusammenarbeit.
- Da der angestrebte Übergang zu einem nachhaltigen Energie-Mix das Resultat wirtschaftlicher Entscheidungen sein wird, ist die sozio-ökonomische Forschung 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 Kapitel 5.1).

Die Angaben für die **Mittelzuteilung** finden sich als Zusammenfassung im Kapitel 7.

Die angegebenen **Zeithorizonte** für die Forschungsziele sind wie folgt definiert:

Kurzfristig: Umsetzung in die Praxis innerhalb von 5 bis 10 Jahren.

Mittelfristig: Umsetzung in die Praxis nach ca. 10 bis 20 Jahren.

Langfristig: Umsetzung in die Praxis voraussichtlich nicht vor 20 Jahren.

6.1 Rationelle Energienutzung

Noch immer werden rund 85 Prozent des schweizerischen Gesamtendenergieverbrauchs aus nicht erneuerbaren Energien gedeckt. **Die fossilen Energieträger** (Erdöl, Erdgas und Kohle) kommen allein für **über 70 Prozent des Gesamtendenergieverbrauchs** auf. Bei den fossilen Energieträgern ist eine Verbrauchsreduktion besonders dringend, da sie über das Verbrennungsprodukt CO₂ den grössten Beitrag zum **Treibhauseffekt** verursachen. Das Verbesserungspotenzial ist hier bedeutend, wie das Beispiel der Umwandlung von Primärenergie in tatsächlich benötigte Nutzenergie zeigt: Dabei fallen mehr als 55 Prozent der Verluste an.

Die **rationellere Nutzung** von Energie führt über technische Massnahmen zur Erzeugung des **gleichen Nutzens** (Wärme, mechanische Arbeit, Licht usw.) **mit einem geringeren Bedarf an Primärenergie**. Derartige Lösungen sind oft kurzfristig realisierbar und in vielen Fällen schon heute wirtschaftlich oder zumindest nahe an der Wirtschaftlichkeitsgrenze. Insbesondere für **Gebäude** und im **Verkehr** kann die rationellere Energienutzung mit einer Erhöhung des Komforts und der Lebensqualität verbunden werden. Techniken zur rationalen Energienutzung haben – auch in den Bereichen **Elektrizität und Wärme-Kraft-Kopplung** – grosse Exportchancen, sind in hohem Masse beschäftigungswirksam und verringern die Auslandabhängigkeit. Mit **Brennstoffzellen** lassen sich hohe Umwandlungswirkungsgrade bei geringsten Schadstoffemissionen erreichen. In industriellen **Prozessen** kann der Energiebedarf für die gleiche Produktion durch neue Verfahren sowie durch die bessere prozessinterne Verknüpfung von Wärmequellen und Wärmesenken reduziert werden. Insbesondere im Verkehrsbereich können auch **Verhaltensänderungen** der Nutzer ohne spürbare Komforteinbusen zu einem deutlich geringeren Primärenergiebedarf beitragen. Weit reichende Lösungen scheitern leider oft an den immer noch **tiefen Energiepreisen**, in denen die durch die Energieumwandlung anfallenden **externen Kosten** nicht enthalten sind. Ohne eine Berücksichtigung dieser Kosten für Schäden an der Umwelt, an der Gesundheit, an Gebäuden usw. dürften sich bei gleichbleibenden politischen Rahmenbedingungen die Energiepreise kurz- bis mittelfristig kaum wesentlich erhöhen.

Die **grosse Wirkung** sowie die **kurz- und mittelfristige Realisierungsmöglichkeit** technischer Massnahmen zur rationelleren Energienutzung geben diesen innerhalb der Energieforschung eine hohe Priorität. Diese Massnahmen können wesentlich zu den Zielen eines verminderten CO₂-Ausstosses beitragen. Um eine breite Wirkung zu erzielen, wird der Wirtschaftlichkeit entsprechender Techniken besonderes Gewicht beigemessen. Die Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen in den Programmen Gebäude, Verkehr, Wärme-Kraft-Kopplung (inkl. Brennstoffzellen) und Prozesse sollen deshalb verstärkt werden. Bei der Forschung ist eine **Erhöhung des Budgets** von bisher rund 41 Millionen Franken auf 53 Millionen Franken im Jahr 2007 vorgesehen. Bei den Pilot- und Demonstrationsprojekten ist eine Erhöhung von bisher 14 Millionen Franken auf 22 Millionen Franken geplant (s. Tabelle in Kapitel 7).

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 zudem die Wärmepumpe in den letzten Jahren stark durchgesetzt: Rund 40 Prozent aller neuen Einfamilienhäuser werden mit einer Wärmepumpe ausgerüstet.

Neubauten stellen zusätzliche Energieverbraucher dar, deren Verbrauch für viele Jahre determiniert ist und erst in ferner Zukunft dem dann aktuellen energie- und umwelttechnischen Stand angepasst werden kann. Es lohnt sich deshalb, auch bei **Neubauten** auf eine **weitere energetische Optimierung** mit einem möglichst geringen CO₂-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 Verbrauchs in Gebäuden ausmachen. Diese Zahl reduziert sich weiter, da in Zukunft kaum mit einem solchen Wachstum im Gebäudebestand gerechnet werden kann. Gründe, die für ein kleineres Wachstum sprechen, sind: Wohnraumbedarf stösst an obere Grenze, knappe Raumreserven in der Schweiz, schwache Konjunktur, kleineres Bevölkerungswachstum. Das Schwergewicht bzw. das grosse Energiesparpotenzial liegt demnach eindeutig bei den **bestehenden Gebäuden. Deren energetische Sanierung 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.**

Im Gebäudebereich schlummert nach wie vor ein grosses Energiesparpotenzial. Vor allem in der Gebäudesanierung führt der Weg der *kleinen Schritte* nicht genügend rasch zu markanten Effizienzsteigerungen und stellt in der Regel eine unwirtschaftliche Lösung dar. **Energieeinsparungen um einen Faktor 5 bis 10 sind notwendig.** Erste realisierte Beispiele von Neubauten und Sanierungen beweisen, dass diese Zielsetzung realistisch und wirtschaftlich sinnvoll ist. Das Einsparpotenzial ist damit wesentlich höher als bisher angenommen. Minergie soll zukünftig als Grenzwert, der Passivhausstandard (Heizenergiebedarf unter 15 kWh/m²a) als Zielwert für die Anwendung dienen. Bei den erzielten Erfolgen im Bereich Heizung und Warmwasser beispielsweise mit Wärmepumpen und kontrollierter Lüftung in Passivhäusern bedarf der Elektrizitätsverbrauch von Gebäuden, der in den vergangenen 15 Jahren um 30% gestiegen ist, besonderer Aufmerksamkeit.

Angesichts der **energetischen Bedeutung** und der bestehenden **Wissenslücken insbesondere bei der Sanierung von Gebäuden** soll der in den letzten Jahren erfolgte Einbruch der F&E&D-Aufwendungen wieder wettgemacht werden. Geplant ist (s. Tabelle Kapitel 7), die **Forschungsaufwendungen** von heute jährlich 5.6 Millionen Franken bis 2007 auf 13 Millionen Franken und die Aufwendungen für Pilot- und Demonstrationsanlagen von heute 1.7 Millionen auf 6 Millionen Franken zu steigern.

Schwerpunkte der Forschung 2004 bis 2007

Kurz- und Mittelfristig:

- *Grundlagen zur ökologischen Beurteilung von Energiesystemen (konventionelle Energieträger, erneuerbare Energieträger und Solarsysteme)*
- *Hochdämmende Baustoffe auf der Basis neuartiger, nanostrukturierter Materialien als raumsparende Alternative für Gebäudesanierungen und komplexe Bauteile*
- *praxisbezogene Planungswerkzeuge für ökologisch nachhaltiges Bauen*
- *Konzepte für Gebäude als dezentrale Kraftwerke und Wärmelieferanten (Kombination von Brennstoffzelle und Photovoltaik)*
- *Analyse der Energieaspekte von städtischen und ländlichen Quartieren, insbesondere der standortbedingten Sanierungspotenziale und der standortinduzierten Folgen für den Energieverbrauch. Damit soll in Zukunft vermehrt auch den nicht-technologischen Aspekten der Nachhaltigkeit Rechnung getragen werden.*

Schwerpunkte der Demonstrationsprojekte 2004 bis 2007

- *Einfache, bedarfsgeregelte Lüftungssysteme mit effizienter Wärmerückgewinnung*
- *Typische Lösungssets für energieeffiziente und umweltfreundliche Sanierungen und Neubauten mit Einbezug kostengünstiger Solarsysteme*
- *Hybridlüftung und innovative Sonnenschutzsysteme für stark verglaste Bauten*
- *Minimierung des Elektrizitätsverbrauchs von Gebäuden und Optimierung der Integration der Beleuchtung ins Gebäudesystem*
- *Passivhaus-Technologie für die Gebäudesanierung, primär für Heizung, Lüftung und Wassererwärmung im Mehrfamilienhaus und Bürobau*
- *Integrierte Mini-Energiezentralen für Heizung, Lüftung, Wassererwärmung, Solarwärme und Elektrizität für Wohneinheiten im Passivhausstandard.*

- *Harmonisierung der Energie-Standards und Erweiterung auf Nicht-Wohnbauten mit besonderer Beachtung der CO₂-Problematik*
- *Grundlagen für den effizienten Vollzug der Energiegesetzgebung und Anwendung weitergehender Energiestandards*

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: 2001 war der Flottenverbrauch allerdings immer noch bei 8.4 Liter Benzin pro 100 km.

Die Möglichkeiten in der Mobilität Energie einzusparen sind sehr gross: Bei der Verwendung effizienter Systeme könnte auch der Anteil der erneuerbaren Energien in der Mobilität einen nicht vernachlässigbaren Stellenwert erhalten. Innerhalb einer Fahrzeugkategorie, d.h. bei vorgegebener Grösse, Leistung und Sicherheit sowie bei vergleichbarem Komfort, ist eine **Reduktion des spezifischen Energieverbrauchs von 40 Prozent und mehr möglich**. Wenn man für den Nahverkehr **Leichtmobile einsetzen** würde, wären Reduktionen von bis zu 80 Prozent realisierbar. **Hocheffiziente Zwei- oder Dreiräder** können den Energiebedarf im Nahverkehr gegenüber dem heutigen PW sogar um einen Faktor 20 (nicht nur 4) senken. Durch einen andern **Modal Split** (z.B. höherer Anteil des öffentlichen Verkehrs im Personentransport) wären in andern Mobilitätsbereichen weitere Reduktionen möglich.

Für die Forschungsanstrengungen im Verkehrsbereich stehen deshalb die **spezifischen und die absoluten Energieverbrauchsreduktionen im Vordergrund**. Gleichzeitig bleibt die Verminderung von Emissionen und von Lärm weiterhin wichtiges Thema – auch wenn hier in den letzten Jahren bedeutende Fortschritte erzielt wurden. Die Anstrengungen fokussieren sich zur Hauptsache auf den **motorisierten Individualverkehr**. Die Schweiz hat eine **bedeutende Zulieferindustrie für Komponenten der Automobilherstellung** (Sicherheits- und Komfortsysteme, Metallgussteile, Mikroschalter, Antriebe, Getriebe, Schrittmotoren, Ventile, Kunststoffe, Aluminiumkomponenten und vieles mehr). 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 eigene kleine Produktionen aufweist.

Gesamthaft werden die **heutigen Aufwendungen** der öffentlichen Hand von 9.2 Millionen Franken für F,E&D im energetisch wichtigen Verkehrsbereich **nicht** als **ausreichend** erachtet. Allerdings liegen die Probleme im individuellen Personenverkehr zwar teilweise bei fehlenden technischen Lösungen (s. auch Programme *Batterien/Supercaps, Brennstoffzellen* und *Verbrennung*), jedoch vermehrt bei deren Akzeptanz in der Gesellschaft. Folglich soll ein signifikanter Teil der **zusätzlichen Mittel für das sozio-ökonomische Programm Energiewirtschaftliche Grundlagen für die Akzeptanzforschung im Verkehrsbereich** aufgewendet werden. Entsprechend sind im technischen Programm *Verkehr* die Mittel für F,E&D bis 2007 zu konsolidieren, d.h. jährlich 4 Millionen Franken für Forschung und 5 Millionen Franken für Pilot- und Demonstrationsanlagen (heute: 3.2 und 6.0 Mio. Fr.; s. Tabelle Kapitel 7).

Schwerpunkte der Forschung 2004 bis 2007

Kurzfristig:

- *Leichtbau von Fahrzeugen*
- *Einspurige Individualverkehrsmittel*
- *Wirkungsgradverbesserungen bei thermischen Motoren und andern Energiewandlern und Reduktion des Schadstoffausstosses (siehe auch Kapitel Verbrennung)*
- *Untersuchung von modernen Mobilitätsformen: Kombinationen von öffentlichem Verkehr, Leichtmobilen, Mietautos und Car Sharing, motorloser Verkehr, etc.*

- *Verkehrsvermeidung, Kosten- und Akzeptanzfragen*
- *Untersuchungen zum Marketing energieeffizienter Fahrzeuge: Wie können solche Fahrzeuge erfolgreich verkauft werden?*

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 und Kombination mit neuartigen Zwischenspeichern, z.B. Superkondensatoren (s. Kapitel Elektrizitätsspeicherung))*

Schwerpunkte der Umsetzung 2004 bis 2007

- *Demonstration effizienter Fahrzeugkomponenten*
- *Umsetzung des Grossversuchs mit dem Effizienzprogramm VELdue*
- *Förderung hocheffizienter einspuriger Fahrzeuge (Elektrovelo und Elektroscooter)*

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 und Superkondensatoren), oder chemisch (als Brenn- und Treibstoffe, z.B. Wasserstoff oder Methanol). Hier geht es nur um die ersten drei Formen der Elektrizitätsspeicherung sowie die direkte Speicherung; die chemische Speicherung wird im Programm *Solarchemie* untersucht, jene mit *biologischen* Energieträgern im Programm *Biomasse*.

In der Schweiz ist die Speicherung elektrischer Energie in grossen Mengen durch Pumpspeicherwerke weit verbreitet und technisch ausgereift. Für die **Energiespeicherung beim mobilen Einsatz** (Verkehr) sowie bei **stationären Anlagen für kleinere Energiemengen** wird **der Schwerpunkt bei Batterien und Supercaps** gesetzt.

Die Forschung hat in den Gebieten Batterien und Supercaps **in der Schweiz einen hohen Stand** erreicht. Beteiligt sind sowohl Hochschulen, das PSI und Fachhochschulen als auch mehrere private Firmen. Die **Forschungsanstrengungen sind darauf auszurichten, diesen Stand zu halten**. Die Fördermittel sollen daher bei den heutigen ca. 6 Millionen Franken und die Mittel für Pilot- und Demonstrationsanlagen bei 1 Million Franken pro Jahr stabilisiert werden.

Schwerpunkte der Forschung 2004 bis 2007

Kurz- und mittelfristig:

- *Weiterentwicklung von Super-Caps (Leistung)*
- *Kombination von Batteriesystemen mit Super-Caps (optimiert auf Energiedichte bei sehr hoher Leistung, Verlängerung des Lebenszyklus)*
- *Weiterentwicklung an den Lithium-Ion-, Lithium-Polymer- und Zebra-Batteriesystemen*
- *Verwendung von Nanostrukturen und elektrisch leitende Kunststoffen in solchen Systemen*
- *Dynamisch gesteuerte Batteriesysteme*

Schwerpunkte der Umsetzung 2004 bis 2007

- *Demonstrations-Anwendungen mit Super-Caps*
- *Pilotversuche mit Zebra-, Lithium-Ion- und Lithium-Polymer-Batterien*
- *Optimierung der Fertigung*

Elektrizitätstransport

In den elektrischen Verteilnetzen resultieren durch den vermehrten Einsatz dezentraler Erzeugungsanlagen (Photovoltaik, Biomasse, Brennstoffzellen, Wärme-Kraft-Kopplung, etc.) für die Netzbetreiber neuartige Probleme, da Energieflüsse in ihrer Stärke und Richtung ändern können. Die dadurch entstehende **Problematik des Zusammenspiels einer grösseren Anzahl dezentraler Erzeuger mit dem Netz**, die Inselbildung, die verschiedenen Speichertechnologien, die Bereitstellung der Systemdienstleistungen, die Netzstabilität, Schutzeinrichtungen und die Betriebsführung sind neue technische Aspekte, die es zu untersuchen gilt. Etwa 7 Prozent der in der Schweiz erzeugten elektrischen Energie werden zu Verlusten für deren Übertragung und Verteilung. Unter Berücksichtigung der erwähnten Aspekte der dezentralen Elektrizitätserzeugung zeichnet sich ein erhebliches Optimierungspotenzial ab. Aufgrund der verlustarmen Stromführung wird der **Hochtemperatur-Supraleiter-Technologie** (HTSL) ein Zukunftspotenzial zugesprochen. Da hier die Leiterentwicklung nicht mit der gewünschten Dynamik vorankommt und der Abbruch des schweizerischen Supraleiter-Transformatorprojekts Ende 1999 diesem Forschungsbereich einen Dämpfer aufsetzte, steht dieses Thema momentan im Hintergrund. Sobald aber Supraleiter in der geforderten Qualität verfügbar sind, wird die Komponentenentwicklung wieder an Attraktivität gewinnen.

Mit der verstärkten Förderung dezentraler Erzeugungsanlagen wird deren technische Einbindung zunehmend wichtiger. Für die Forschung stehen deshalb **systembezogene Ansätze** im Vordergrund. Dies gilt auch für den Bereich der HTSL, in welchem ebenfalls systemorientierte Forschungsanstrengungen den nur Komponenten-orientierten Arbeiten vorgezogen werden sollen. Ebenfalls soll eine umfassende Vermittlung von Know-how sichergestellt werden, damit das verfügbare Fachwissen der einschlägigen Industrie einen Anreiz zur Umsetzung bietet.

Da die heutigen direkten **technischen Möglichkeiten** zur Verminderung der Übertragungsverluste **eher beschränkt** (bei der HTSL ist u.a. noch Grundlagenforschung zu betreiben, die nicht Sache der Energieforschung ist) und wichtige Aspekte zudem Themen des Programms *Energiewirtschaftliche Grundlagen* sind, wird eine **Kürzung der Forschungsmittel** von heute jährlich 5.7 auf 2 Millionen Franken bis 2007 vorgeschlagen und gleichbleibende Mittel von 1 Million Franken für Pilotprojekte.

Schwerpunkte der Forschung und der Umsetzung 2004 bis 2007

Kurz- und mittelfristig:

- *Prüfung und Untersuchung technischer Möglichkeiten und alternativer Systeme in Verteilnetzen*
- *Technisch und ökonomisch optimierte Netzeinbindung dezentraler Produktions- und Speichersysteme*
- *Massnahmen für die Förderung eines effizienten Betriebs der Verteilnetze unter Berücksichtigung einer stetigen Zunahme dezentraler Erzeuger*
- *Nationale Vermittlung des entsprechenden Know-how.*

Langfristig:

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

Elektrizitätsnutzung (Geräte)

Mit einem Anteil von etwa 20 Prozent am gesamten Endenergiebedarf spielt die Elektrizität in allen Bereichen des täglichen Lebens eine unverzichtbare Rolle. Sie ist von zentraler wirtschaftlicher Bedeutung. Schätzungen gehen von einem **realisierbaren Einsparpotenzial von gegen 25 Prozent** aus, wobei jedoch aufgrund der anhaltend tiefen Strompreise vorerst nur die günstig zu realisierenden

Potenziale ausgeschöpft werden dürften. **Das grösste Sparpotenzial liegt bei elektrischen Antrieben und bei elektrischen und elektronischen Geräten.** Rund 40 Prozent der elektrischen Energie wird in elektrischen Motoren umgesetzt. Dabei verursachen Drehstrom-Asynchronmotoren gegen 50 Prozent der Energieverluste. Der überwiegende Anteil der im Einsatz stehenden Motoren sind Normmotoren im Leistungsbereich zwischen 1 kW und 22 kW. Verschiedene Studien zeigen auf, dass sich durch eine alleinige Erhöhung des Wirkungsgrades der Motoren lediglich etwa 3 Prozent einsparen lassen. Grössere Potenziale lassen sich durch **Drehzahlregelungen** – ca. 10 Prozent – und durch **Optimierung des gesamten Antriebssystems** – über 20 Prozent – einsparen. Deshalb ist das grösste Gewicht auf die Optimierung von Antriebssystemen inklusive ihrer Regelung und Steuerung zu legen, wobei die grössten Einsparungen in Industrie und Gewerbe (z.B. mit dem Einsatz von Integralantrieben mit eingebauter elektronischer Steuerung) erzielt werden dürften. Aber auch in Haustechnikkomponenten wie Pumpen, Ventilatoren, Lüftern etc. ist ein Potenzial vorhanden.

Elektrische und elektronische Geräte, worunter neben Haushalts-, Büro- und Unterhaltungselektronikgeräten auch gewerbliche Apparate zu verstehen sind, zeichnen sich häufig durch hohe **Standby-Verluste** aus. Weil diese Geräte in stark steigendem Masse in Informations-, Telekommunikations- und Telematiknetzen integriert werden, sind aufgrund der ständigen Kommunikationsbereitschaft grosse Verlustanteile sozusagen programmiert. Nachdem die Vernetzung der Dienstleistungsbetriebe in vollem Gange oder bereits abgeschlossen ist, zeigen die Trends deutlich, dass diese Technologie verstärkt in den Haushalten zur Anwendung kommt. Gleiches gilt für multifunktionale Geräte. Angetrieben wird diese Entwicklung durch jene des Internets (e-Commerce, TV-on-demand usw.), die zunehmende Verfügbarkeit preisgünstiger Hausleitsysteme und das gestiegene Sicherheitsbedürfnis (Einbruchsicherung, Hausüberwachung usw.). **Viele elektrische und elektronische Geräte weisen bezüglich ihrer Energieeffizienz ein hohes Verbesserungspotenzial auf.** Neue Technologien in allen Gerätebereichen sollten daher von Anfang an möglichst energiesparend ausgelegt werden. Da die Einzelgeräte teilweise nur einen geringen Elektrizitätsverbrauch ausweisen, ist deren Energieeffizienz in der Regel weder für Hersteller noch für Anwender ein ernsthaftes Anliegen. Aufgrund der enormen Stückzahlen verursachen aber diese Geräte sowohl im regulären Betrieb als auch im Standby-Modus einen grossen Energieverbrauch.

In **Gebäuden** verursachen vor allem **haustechnische Systeme und Komponenten**, insbesondere Pumpen, Ventilatoren und Beleuchtungen – sowie die Vernetzung dieser Einrichtungen – hohe Verbräuche. Die zunehmende Anwendung dieser Systeme wird gemäss aktueller Studien zu einem markanten Zuwachs beim Stromverbrauch in den nächsten Jahren führen.

Unter Berücksichtigung der **bedeutenden Steigerungsmöglichkeiten der Energieeffizienz bei elektrischen Geräten sowie im Bereich elektrischer Antriebe** sollen die **Forschungsanstrengungen** und auch jene für Pilot- und Demonstrationsanlagen **erhöht** werden. Die heute aufgewendeten 2.7 Millionen Franken für Forschung sollen auf 4 Millionen Franken und die 0.4 Millionen Franken für Pilot- und Demonstrationsanlagen auf 1 Million Franken erhöht werden. Schwerpunkte sind in Bereichen zu setzen, in denen die Schweiz über eine eigene Produktion verfügt (z.B. bei Haushaltgeräten oder allenfalls in der Telekommunikation) respektive in denen in Koordination mit internationalen Partnern eine Steigerung der Energieeffizienz bei Geräten mit grossen Stückzahlen erreicht werden kann. Die internationale Koordination stellt deshalb ein zentrales Element dar.

Schwerpunkte der Forschung und Umsetzung 2004 bis 2007

Kurz- und mittelfristig:

- *Steigerung der Energieeffizienz von elektrischen Antriebssystemen und deren Einzelkomponenten*
- *Demonstration von Massnahmen zur Effizienzsteigerung elektrischer Antriebssysteme in Industrie und Gewerbe. Demonstration von Auslegetools für energieeffiziente Antriebe*
- *Optimierung elektrischer Geräte mit grossem Stromverbrauch im Standby- respektive im On-Betrieb (inkl. Mess- und Prüfverfahren)*
- *Verbrauchsoptimierung bei Systemen und Geräten der Informations- und Kommunikationstechnik, bei gewerblichen Automaten (z.B. bei im Restaurations-, Hotellerie- und Unterhaltungsbereich) sowie bei Haushaltgeräten im On- und Standby-Modus*

- Aufzeigen von Möglichkeiten zur Reduktion von Energie- und Materialflüssen (z.B. durch Einsatz von Informationstechnologien)
- Methoden und Grundlagen zur Verminderung des elektrischen Energieverbrauchs in Haustechniksystemen (inkl. Standards für Systeme mit tiefem Stromverbrauch)
- Effizienzsteigerung von Geräten und Anlagen für gewerbliche Kälte und Wassererwärmung
- Effizienzsteigerung und Verbrauchsoptimierung von Hilfssystemen der Informationstechnologie (z.B. unterbrechungsfreie Stromversorgungsanlagen, Kälteanlagen) sowie der Klimatisierung von Gebäuden
- Demonstration effizienter Dienstleistungsgebäude (z.B. Lüftung, Klimatisierung, Beleuchtungen, EDV-Netzwerke)
- Demonstration effizienter Beleuchtungen in Haushalten und Gewerbebetrieben
- Wissenstransfer und Sensibilisierung von Anwendern auf allen Stufen
- Verfolgen der internationalen Entwicklung auf dem Gebiet der Thermoelektrizität

Langfristig:

- Grundlagen für effiziente Powermanagementsysteme in Komponenten von Netzwerken
- Massnahmen zur Effizienzsteigerung energieintensiver Industrieprozesse, wobei auch grundsätzliche Technologiewechsel für die Prozesse miteinbezogen werden.

Wärme-Kraft-Kopplung

Mit Wärme-Kraft-Kopplungs-Anlagen (WKK-Anlagen) wird gleichzeitig Elektrizität bzw. mechanische Energie und Wärme erzeugt und genutzt. Der energetische Vorteil solcher Anlagen liegt in der besseren Verwertung des Energieinhalts der Brennstoffe durch Nutzung der bei der Verbrennung entstehenden hohen Temperaturen (Hohe Exergie, in üblichen Heizkesseln weitgehend entwertet).

Für die WKK kommen folgende **Technologien** in Frage: Kolbenmaschinen mit innerer Verbrennung (Gas- und Dieselmotoren), Gas- und Dampfturbinen, Brennstoffzellen, Stirling-Maschinen. Als Energieträger kommen zwei Arten von **Brennstoffen** in Frage: einerseits die fossilen, nicht-erneuerbaren wie Öl, Flüssiggas, Erdgas und andererseits die erneuerbaren wie Biogas, Klärgas, Holz.

Die WKK wird als **Querschnitts-Technologie** in verschiedenen BFE-Bereichen bzw. -Programmen behandelt. Die WKK mit erneuerbaren Brennstoffen wird in den entsprechenden Programmen der Bereiche *Holz* und *Biomasse* behandelt. Wichtige Grundsätze zur Effizienzsteigerung und Schadstoffreduktion sind im Bereich *Verbrennung* behandelt. Für *Brennstoffzellen* gibt es ein eigenes Programm. Nachfolgend geht es ausschliesslich um die WKK mit fossilen Brennstoffen.

WKK mit fossilen Brennstoffen (ohne Brennstoffzellen)

Die Grundsätze sind im Strategiepapier *Die Wärme-Kraft-Kopplung in EnergieSchweiz*⁹ vom 23. August 2001 festgehalten: die **fossile WKK** erfährt nur in Verbindung **mit Wärmepumpen** eine besondere Förderung. Im Sinne einer ganzheitlichen Betrachtung soll sichergestellt werden, dass die fossile WKK die CO₂-Bilanz der Schweiz nicht verschlechtert. Diese **kombinierte WKK-WP-Strategie** führt bei gleicher Nutzwärmeerzeugung zu Einsparungen an fossilen Brennstoffen bis zu 50%.

WKK-Anlagen (Anlagen mit Verbrennungsmotoren werden auch Blockheizkraftwerke genannt) gelten heute als technisch weitgehend ausgereift und praxiserprobt. **Offene Fragen** gibt es aber noch bei den **Schadstoffemissionen ohne Sekundärmassnahmen, dem Teillastbetrieb, bei kleineren Anlagen und bei der Betriebsoptimierung**. In den kommenden Jahren soll gegenüber heute eine stärkere Betonung der Forschungsarbeiten erfolgen. Eine **enge Zusammenarbeit und Koordination** mit den Programmen *Verbrennung*, *Brennstoffzellen*, *Biomasse* und *Holz* sind dazu notwendig.

Die geplanten Aktivitäten erfordern bis 2007 eine **Erhöhung der Mittel** von heute jährlich 0.3 auf 3 Millionen Franken **für Forschung und Entwicklung** sowie die Beibehaltung der heute eingesetzten 1 Million Franken für Pilot und Demonstrationsanlagen. Falls in den Jahren 2004 bis 2007 ein Ausstieg

⁹ s. www.energie-schweiz.ch → Fakten, Zahlen & Technologien → Energieträger, -techniken

aus der Kernenergie beschlossen würde, käme der WKK eine wesentlich grössere Bedeutung zu. Es müssten dann in Abstimmung mit dem Ausstiegszeitplan massive Erhöhungen sowohl im F+E- wie auch im P+D-Bereich vorgenommen werden.

Schwerpunkte der Forschung 2004 bis 2007

- *Effizienzsteigerung (Zielgrössen: elektrischer Wirkungsgrad > 35%, Gesamtwirkungsgrad > 85%)*
- *Weitere Reduktion der Emissionen*
- *Verbesserung von Steuerung und Diagnose*

Schwerpunkte der Umsetzung 2004 bis 2007

- *WKK-Anlagen mit elektrischem Wirkungsgrad > 33% und Gesamtwirkungsgrad > 80%*
- *Über die ganze Lebensdauer gleichbleibender, emissionsarmer Betrieb*
- *Reduktion der Unterhaltskosten und Erhöhung der Zuverlässigkeit*
- *Standardisierung der Anlagen und Systeme*

Brennstoffzellen

Mit Brennstoffzellen wird auf direktem Weg chemische in elektrische Energie umgewandelt. Dabei sind Wirkungsgrade von bis zu 60 Prozent resp. bis zu 70 Prozent in Kombination mit Gasturbinentechnologie erreichbar. Insofern stellen Brennstoffzellen eine **optimale Ausnutzung von Primärenergieträgern** dar, sofern die Vorbehandlung des Brennstoffs in einem Reformier nicht berücksichtigt wird. Polymer-Elektrolyt-Membran-Brennstoffzellen (PEM) werden direkt mit Wasserstoff betrieben. Für den Betrieb mit Methan wird ein separater Reformier benötigt, der Methan zu Wasserstoff umsetzt. Innerhalb der Oxidkeramik-Brennstoffzelle (SOFC) kann Methan dagegen direkt zu Wasserstoff reformiert werden. Obwohl bisher in der Schweiz mehrheitlich mit Wasserstoff und Erdgas (inkl. Biogas) betriebene Brennstoffzellen gefördert wurden, sollen in Zukunft auch mit anderen Brennstoffen (z. B. Methanol) betriebene Brennstoffzellen in die Untersuchungen einbezogen werden.

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

Zwecks einer Fokussierung beschränkt sich das Brennstoffzellenprogramm bei Wasserstoff- und Methanol als Brennstoff auf die **Polymer-Elektrolyt-Membran-Technologie**. Für Erdgas und biogene Brennstoffe liegen die Schwerpunkte der Forschung auch in Zukunft auf der **oxidkeramischen Technologie**. Auf diesem Gebiet hat die schweizerische Industrie mit den Hochschulen (ETHZ, ETHL, PSI, EMPA, FHW, EIVD, etc.) einen deutlichen Erfahrungsvorsprung, welcher in Zukunft ausgebaut werden soll. Für Brennstoffzellen mit Erdgas lagen bisher die Schwerpunkte vor allem in der Unterstützung des als WKK-Anlage bald auf dem Markt erhältlichen *Sulzer Hexis Konzepts* und im Sammeln von Betriebserfahrungen von stationären Demonstrationsanlagen im realen Betrieb. In Zukunft sind Akzente bei der Entwicklung neuer innovativer Konzepte und deren Demonstration zu setzen.

Angesichts des **grossen Wertschöpfungspotenzials**, das die Brennstoffzellentechnologie in Zukunft im Verkehr und anderen energierelevanten Anwendungen ausschöpfen kann, werden die **Mittel** in diesem Bereich **weiter aufgestockt**. Die heute jährlich für die Forschung eingesetzten 5.6 Millionen Franken sollen bis 2007 auf 10 Millionen Franken erhöht werden. Im Gleichschritt ist eine Zunahme auch bei den Pilot- und Demonstrationsprojekten vorgesehen. Die entsprechenden Mittel sollen von 2.3 auf 3 Millionen Franken jährlich steigen.

Schwerpunkte der Forschung 2004 bis 2007

Kurz- und mittelfristig:

- *Verbesserung der material- und fertigungstechnischen Aspekte der vom PSI in Zusammenarbeit mit der ETHZ entwickelten PEM-Brennstoffzelle für mobile Anwendungen im Leistungsbereich von 1 kW bis 10 kW (Richtwert sollen die besten heute erhältlichen Batterie-Konkurrenz-Systeme sein).*

- *Erarbeitung von Grundlagen für neue PEM- und SOFC-Konzepte mit hohen Marktchancen und Eignung für unsere Privatwirtschaft (z.B. vollintegrierte und miniaturisierte Brennstoffzellensysteme als Ersatz für Ni/Cd-, Li-, oder Metallhydrid-Batterien).*
- *Kostengünstigere alternative Herstellungsverfahren für SOFC-Zellen (geeignete Materialkombinationen).*
- *Erarbeitung von Grundlagen für den Einsatz biogener Brennstoffe.*

Schwerpunkte der Umsetzung 2004 bis 2007

- *Ausrüstung von Personenwagen und Booten mit PSI/ETHZ-PEM-Brennstoffzellen im Leistungsbereich von einigen kW inkl. Speicherung, Umwandlung und Aufbereitung des Brennstoffes.*
- *Ausrüstung von Kleinfahrzeugen (z.B. Reinigungsmaschinen, Behindertenrollstühle oder Golf-Caddies) mit der PowerPac-PEM-Brennstoffzelle zur Sammlung von Erfahrungen im Alltagsbetrieb.*
- *Demonstration und Betriebserfahrungen mit den neuentwickelten PEM- und SOFC-Konzepten.*
- *Sammeln von Erfahrungen und Betriebsdaten der ersten 50 HEXIS-SOFC-Anlagen im Contracting bei Kunden als 1-kW-Demonstrationsanlagen.*
- *Demonstrationsanlagen für Klärgas- und Biogas-Brennstoffzellen, die über CO-Vergärungsanlagen versorgt werden.*

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. Der Verbrennungsmotor wird noch lange die Grundlage für unsere Mobilität sein. Deshalb wird der rationellen Nutzung fossiler sowie alternativer Energieträger weiterhin eine zentrale Bedeutung bei der Erfüllung des Kyoto-Protokolls und der nationalen CO₂-Ziele zukommen.

Bessere Kenntnisse über Verbrennungsvorgänge in herkömmlichen Technologien können mithelfen, die spezifischen Energieverbräuche und den Schadstoffausstoss zu reduzieren. Aber auch mit einer **besseren Ausnutzung der erzeugten Wärme** (z.B. über eine zweistufige Nutzung, wie in der Gas- und Dampfturbinen-Technologie) lässt sich der Verbrauch und damit der CO₂-Ausstoss senken. Der Einsatz alternativer Brennstoffe (etwa Abfälle, Methanol oder Wasserstoff) hilft mit, generiert aber zusätzliche technische und wissenschaftliche Fragestellungen (z.B. Prozessanpassungen). Sauerstoffhaltige Brennstoffe bergen ein grosses Potenzial zur Schadstoffminimierung sowohl bei ihrer Herstellung wie bei der motorischen Verbrennung. Deshalb werden **alternative Brennstoffe** zur Realisierung nachhaltiger Energie- und Stoffflüsse **stark an Bedeutung gewinnen**. Für einen erfolgreichen Einsatz müssen allerdings die Grundlagen der Verbrennungschemie noch vertieft erforscht werden.

Die Produktion von Strom und Wärme durch die **Verbrennung von Abfällen in Kehrichtverbrennungsanlagen** deckte 2001 rund 1.7% des schweizerischen Gesamt-Endenergieverbrauchs. Das Potential der Energienutzung aus Abfällen ist aber noch nicht ausgeschöpft: Durch gezielte Optimierungen lassen sich die Strom- und Wärmeproduktion in Kehrichtverbrennungsanlagen und somit deren Wirkungsgrad erhöhen.

Die **Schweizer Verbrennungsforschung** hat sich eine **international anerkannte Kompetenz** erworben, die in den letzten Jahren zu einigen erfolgreichen Produkten geführt hat. Beispielsweise hat sie weltweit erstmalig Diesel- und Gasmotoren mit minimalen Emissionen und höchstem Wirkungsgrad demonstriert. Solche **Produkte** sollen **verstärkt umgesetzt** werden. Besonderes Know-how wurde in numerischen Rechenverfahren, Lasermessverfahren, der Methodik zur Bestimmung von Reaktionsdaten auf molekularer Ebene, der Schadstoffanalytik, der Konstruktion von Low-NO_x-Brennern für Erdöl und Erdgas, bei Gasturbinen und Wirbelschichtfeuerungen für Holz, Abfälle und Schweröl sowie in der Optimierung von Gesamtsystemen hinsichtlich Umweltbelastung und Wirkungsgrad erarbeitet. Diese Fachkompetenz soll erhalten und ausgebaut werden – in vermehrter Zusammenarbeit mit internationalen Wissenszentren und mit Fachhochschulen.

Grundsätzlich sollen die Forschungsarbeiten darauf abzielen, **Gesamtwirkungsgrade** zu **erhöhen** und **Schadstoffe** zu **reduzieren**. Grundlagen, vor in der Verbrennungsschemie, müssen vervollständigt werden. Das Schwergewicht ist dabei auf **neue Brennstoffe** und **neue Verbrennungstechnologien** zu setzen. Bei der noch weiter zu intensivierenden Umsetzung soll die Praxis-tauglichkeit der Forschungsergebnisse aufgezeigt werden. Gleichzeitig ist auch darauf zu achten, dass die Forschung an modernen Tools (Simulation und Diagnostik) nicht vernachlässigt wird.

Heute werden jährlich rund 11 Millionen Franken für F,E&D im Bereich Feuerung und Verbrennung ausgegeben. Dieser **Stand ist zu halten**, wobei erwartet wird, dass sich angesichts strengerer Abgasnormen die **Industrie vermehrt engagiert** und die internationale Zusammenarbeit im 6. EU-Rahmenprogramm intensiviert wird, wodurch sich die Anstrengungen insgesamt erhöhen sollten. Die Mittel sollen **vermehrt in Richtung Umsetzung** abzielen: Die Unterstützung von Pilot- und Demonstrationsprojekten soll von heute 1.7 Millionen Franken auf 3 Millionen Franken jährlich ansteigen.

Schwerpunkte der Forschung 2004 bis 2007

Kurz- und mittelfristig:

- *Turbulente Verbrennung bei hohen Drücken (stationär und instationär)*
- *Gestufte Verbrennung und teil-vorgemischte Verbrennung*
- *Bestimmung von Reaktionsdaten zur Modellierung der Verbrennungsschemie alternativer Brennstoffe (speziell in Motoren)*
- *Minderung des Schadstoffausstosses und Rückstandsbehandlung*
- *Untersuchung katalytischer Phänomene in der Brennkammer, bei der Brennstoffmodifikation und der Abgasnachbehandlung (Oberflächen-Fluid-Wechselwirkungen)*
- *Verbesserung der Methoden zur Energiegewinnung aus der Abfallverbrennung (z.B. höherer Dampfdruck, neue Materialien für Kesselauskleidung, Optimierung der Turbinentechnik)*

Langfristig:

- *Erarbeiten von Grundlagen der direkten numerischen Simulation (modellfreie Simulation), d.h. Weiterentwicklung von CRFD-Codes auf Basis der massiven Parallelisierung gekoppelt mit systematischer "Schritt-für-Schritt"-Validierung.*

Schwerpunkte der Umsetzung 2004 bis 2007

- *Demonstration der Praxistauglichkeit von Forschungsergebnissen in gezielter Zusammenarbeit mit der Industrie und Fachhochschulen*
- *Aufbereitung und Demonstration von innovativen Komponenten (Gemischaufbereitung, Common Rail Technologie, Abgasnachbehandlung, Gas-Mikroturbinen), produktenaher Sensorik und Simulationstools für die direkte Anwendung in der industriellen Entwicklung.*

Prozesse (inkl. Abwärme)

Viele **thermische Produktionsprozesse** in Industrie, im Gewerbe, z.T. auch in Dienstleistungen und in der Landwirtschaft weisen noch erhebliche **technische Einsparpotenziale** 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 Sparpotenzial möglich ist. Es stehen vor allem Massnahmen der **Wärmerückgewinnung** im Vordergrund. Aber auch eine **bessere Prozessintegration** (über eine optimale energetische Kopplung verschiedener Wärmequellen und Wärmesenken) respektive eine **verbesserte Regelung** von Anlagen können zu einer erheblichen Reduktion des Energieverbrauchs beitragen. Zudem können in einigen Fällen völlig **neue Prozesskonzepte** (z.B. im Trocknungs-Bereich: Mikrowellentrocknung statt 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. Beispielsweise eine geringere Umweltbelas-

tung, eine bessere Betriebsführung und eine mögliche Entlastung der Unternehmen von detaillierten regulatorischen Auflagen, etc..

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 respektive die mit den Materialflüssen verbundenen Umweltbelastungen stark vermindern können. Von speziellem Interesse sind auch sogenannte Querschnittstechnologien, die nicht an bestimmte branchenbezogene Anwendungen gebunden sind, sondern allgemein eingesetzt werden können (z.B. fortgeschrittene 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 von den heute gesamthaft 2 Millionen Franken jährlich auf 3 Millionen **erhöht** werden, wobei die Aktivitäten bei Pilot- und Demonstrationsanlagen in den nächsten Jahren mit 1 Million Franken pro Jahr wieder aufgenommen werden soll

Schwerpunkte der Forschung und Umsetzung 2004 bis 2007

Kurzfristig:

- *Verbesserung von Methoden der Prozessintegration zur Reduktion des Energie- und Rohstoffbedarfs sowie der Schadstoffemissionen in verfahrenstechnischen Prozessen. Dabei sollen Batch-Prozesse in erster Priorität angegangen werden.*
- *Identifikation von Querschnittstechnologien, die in der Schweiz von Bedeutung sind und Abklärung des entsprechenden Forschungsbedarfs*
- *Potenzialabschätzung der Abwärmenutzung mit klassischen und innovativen Nutzungstechnologien*
- *Untersuchung des Einflusses neuer Produktionstechnologien (wie Automatisierung, Roboterisierung, High Speed Cutting u.a.) sowie von Prozesskontrolltechnologien auf den Energieverbrauch*
- *Erweiterte Wirtschaftlichkeitskriterien (externe Kosten, bessere Betriebsführung, mögliche Entlastung von detaillierten regulatorischen Aktivitäten, etc.)*
- *Veränderung von Energie- und Materialflüssen zugunsten eines geringeren Energieverbrauchs und einer geringeren Umweltbelastung (Optimierung bestehender und Entwicklung neuer Verfahren, Weiterentwicklung von Prozessintegrationsmethoden und deren Anwendung an ausgewählten Pilotprojekten)*

6.2 Erneuerbare Energien

Die Vorräte an fossilen Primärenergien sind begrenzt und deren Umwandlung in Nutzenergie ist mit erheblichen Umweltproblemen belastet. Während die rationelle Energienutzung bereits kurz- und mittelfristig einen grossen Beitrag zum Erreichen der strategischen Ziele leisten kann, müssen die **erneuerbaren Energien zur Sicherung einer nachhaltigen Energieversorgung langfristig eine Hauptrolle übernehmen**. Dies selbstverständlich in Kombination mit einer rationellen Energienutzung. Die Kosten für die Nutzung von **Umgebungswärme** (Wärmeentzug aus der Umgebungsluft, dem Erdreich – **untiefe Geothermie** –, Gewässer durch Wärmepumpen) liegen in Neubauten mit einer Heizleistung unter 20kW bereits im Bereich der Wirtschaftlichkeit. Im Jahr 2001 wurden ca. 40 Prozent der neu gebauten Einfamilienhäuser mit Wärmepumpen ausgerüstet; davon 41 Prozent mit Erdwärmesonden. Sanierungen und Anlagen grösserer Leistung stehen auf dem richtigen Absenkpfad, jedoch sind Anstrengungen noch notwendig. Die Kosten für die Nutzung von **Windenergie**, für die thermische Solarenergienutzung (**Solarwärme**) zur Wassererwärmung und für die Nutzung von **Biomassen** nähern sich der Wirtschaftlichkeitsgrenze. Die Kosten für **Photovoltaik**, **Solarchemie** und **tiefe Geothermie** sind dagegen noch deutlich von der Wirtschaftlichkeit entfernt. Insbesondere bei der Photovoltaik steht allerdings durch die geplante industrielle Fertigung von Zellen bis hin zu Modulen eine Umsetzung bisheriger Forschungsergebnisse in wesentlich kostengünstigere Produkte bevor.

Da die Technologien zur Nutzung der erwähnten erneuerbaren Energien ein bedeutendes Potenzial aufweisen, werden sie weltweit mit grossen Anstrengungen in Richtung tieferer Kosten bei gleichzeitig möglichst hoher Effizienz weiterentwickelt. Diesen Anstrengungen kommt entgegen, dass langfristig bei fossilen Energieträgern mit wesentlichen Preissteigerungen zu rechnen ist. Diese werden verursacht durch die unbestrittene Verknappung des Vorrats und die wahrscheinliche Internalisierung bisher ungedeckter **externer Kosten** (durch Energieumwandlung verursachte Umweltschäden, Gesundheitsschäden, usw.). Auch im Hinblick auf die **Versorgungssicherheit** ist künftig ein wesentlich höherer Beitrag der erneuerbaren Energien zur Gesamtenergieversorgung erstrebenswert.

Wie bei der rationellen Energienutzung wurden in der Schweiz auch bei der Nutzung von erneuerbaren Energien Pionierleistungen erbracht. Die enge Zusammenarbeit von Forschung und Industrie begünstigt die **Entwicklung marktreifer Produkte**, für welche auch **gute Exportchancen** bestehen. Die bisherigen Forschungsanstrengungen in den genannten Bereichen sollen deshalb uneingeschränkt weitergeführt werden.

Sonnenenergie

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

Solarwärme

Aktive Nutzung von Solarwärme ist die Erzeugung von Wärme mit Nutzttemperatur (in der Regel zwischen 20°C und 60°C) mit Hilfe von Systemen zur Gewinnung der Solarenergie, die Wärmeübertragungsvorrichtungen, Pumpen oder Wärmetauscher umfassen. Die passive Nutzung der Solarenergie wird durch die Architektur des Gebäudes gewährleistet und wird im Programm Gebäude behandelt.

In der Schweiz **wird mehr als 50 Prozent des Energiebedarfs für die Erzeugung von Niedertemperaturwärme zur Warmwasserbereitung und Raumheizung verwendet**. Diese Wärme wird letztlich mit 45°C bzw. 20°C verbraucht, auch wenn aus praktischen Gründen höhere Temperaturen notwendig sind (60°C zur Vermeidung der Legionärskrankheit, 35°C zur Verteilung der Flüssigkeit im Gebäude). Thermische Solaranlagen erfüllen diese Bedürfnisse hervorragend. In der Schweiz werden jährlich mehr als 20'000 m² Sonnenkollektoren installiert. Im Vergleich zu der intensiven Nutzung der thermischen Solarenergie in Deutschland, wo seit 2000 an die 1'000'000 m² pro Jahr verlegt wurden, ist dies jedoch wenig.

Die Vorwärmung von Brauchwasser in grossen Gebäuden ist technisch zuverlässig und nahe an der wirtschaftlichen Rentabilität. **Dank der in den 90er Jahren durchgeführten Forschungsarbeiten gehören unsere Brauchwassersysteme hinsichtlich Leistung und Lebensdauer zu den besten in Europa.** Die Kosten sind in unserem Land jedoch nach wie vor hoch. In ganz Europa beobachtet man eine positive Entwicklung der Nachfrage nach kombinierten Systemen (Warmwasser + Heizung mit 6m² bis 10 m² Kollektoren für ein Einfamilienhaus). Diese Systeme decken 25 bis 40 Prozent des Bedarfs eines klug geplanten und gut wärme-isolierten Einfamilienhauses. Die Systeme können noch verbessert und genormt werden, um die Leistung zu erhöhen und die Investitionskosten zu senken.

Die **saisonale Speicherung von Wärme mit niedriger Temperatur im Boden** (5°C bis 30°C) ist dank unserer Pilotprojekte ausgereift. Allerdings muss der Bekanntheitsgrad dieser Technik noch erhöht werden. Für grosse Gebäude ist auch die Speicherung mit höherer Temperatur möglich. Neue Projekte sind jedoch in der Schweiz selten. Der Markt ist auf das Einfamilienhaus ausgerichtet, wobei nach neuen Lösungen gesucht werden muss, um einen Deckungsgrad durch die Sonnenenergie nahe 100 Prozent zu erreichen.

Sowohl in der aktiven wie auch der passiven Nutzung der Sonnenenergie hat die Schweiz **einen hohen, international anerkannten Wissensstand** erreicht. Die **thermische Solarenergie** gehört zu jenen Technologien zur Erschliessung erneuerbarer Energie, welche **den Marktbedingungen am nächsten kommen**. Es sind jedoch noch weitere Fortschritte zu erzielen, um die Kosten der Anlagen zu senken, ihre Zuverlässigkeit zu erhöhen und ihre Glaubwürdigkeit auf dem schweizerischen und dann dem europäischen Markt zu verbessern. Die Forschung auf diesem Gebiet ist eines der rentabelsten Mittel, um die angestrebten Einsparungen bei den fossilen Energieträgern kurzfristig erreichen zu können und muss daher mit entsprechenden Mitteln dotiert werden. Ein ausreichendes Budget ist auch für die P+D-Projekte vorzusehen, welche die Umsetzung der Forschungsergebnisse in die Praxis und die Verbreitung auf dem Markt gewährleisten. In diesem Sinne ist vorgesehen, **das Gesamtbudget** von 7 Millionen auf 10 Millionen Franken pro Jahr zu **erhöhen**.

Schwerpunkte der Forschung 2004 bis 2007

Kurzfristig:

- *Qualitätsprüfung der für die Sonnenenergie geeigneten Materialien und der auf dem Markt befindlichen Systeme durch leistungsfähige Prüfstände*
- *Erhöhung der Leistung der kombinierten Solaranlagen für Heizung und Warmwasser*
- *Entwicklung von Algorithmen zur optimalen Regelung von Brauchwasseranlagen und kombinierten Anlagen*
- *Senkung der Kosten für die Solaranlagen durch Normung und Zertifizierung*
- *Senkung der für Einfamilienhäuser erforderlichen Speichervolumen*
- *Verbesserung der Akzeptanz der Technologie*

Langfristig:

- *Entwicklung neuer physikalisch-chemischer Wärmespeichertechniken, um mit Sonnenenergie versorgte Einfamilienhäuser zu vertretbaren Kosten möglichst autonom zu machen*
- *Vereinfachung des Systems zur Senkung der Kosten der erzeugten Energie*
- *Entwicklung neuer architektonischer Lösungen für das Einfangen der Sonnenenergie*
- *Entwicklung kompakter Einheiten zur Stromerzeugung auf thermischem Weg durch Konzentration in Zusammenarbeit mit der Industrie (Exportprodukt)*

Schwerpunkte der Umsetzung 2004 bis 2007

- *Einführung von Simulationstools für Marktlieferanten*
- *Einführung von Reglern mit optimaler Kontrolle auf dem Solarwärmemarkt*
- *Optimierung der P+D-Anlagen zur unterirdischen Wärmespeicherung mit Wärmepumpe*
- *Errichtung einer grossen Anlage zur saisonalen Speicherung ohne Wärmepumpe*
- *Errichtung von an Holzfeuerung-Fernwärmenetze gekoppelten Solaranlagen*

- *Fortsetzung der Errichtung von Solaranlagen in öffentlichen Gebäuden (Mehrfamilienhäuser, Hotels, Sportanlagen, Spitäler, Restaurants, Alters- und Pflegeheime).*

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 waren Ende des Jahres 2000, Photovoltaikanlagen mit einer Gesamtleistung von über 15 MWp installiert, deren Jahresproduktion rund 12 Millionen kWh erreicht. Angesichts des raschen Wachstums des weltweiten Marktes nimmt das Interesse der Industrie an dieser Technologie auch in der Schweiz kontinuierlich zu.

Trotz einer anhaltenden Kostenreduktion ist die Wirtschaftlichkeit von PV-Anlagen weiterhin von zentraler Bedeutung. **Kostengünstigere Lösungen und Herstellungsverfahren für Zellen und Module, höhere Wirkungsgrade und standardisierte Produkte bilden deshalb auch in Zukunft die Stossrichtung**, allerdings verstärkt auf marktfähige Lösungsansätze und neue industrielle Produkte konzentriert. Technische Lösungen, Prozesse und Herstellungsverfahren müssen dazu mit einer industriellen Umsetzung kompatibel sein. Weder die Vielfalt noch die industrielle Reife der angebotenen Produkte sind genügend ausgeprägt und deshalb weiter zu entwickeln. Dabei steht weiterhin die systemorientierte Betrachtungsweise im Vordergrund.

Im Zeitraum 2004 bis 2007 sollen Ergebnisse der **Forschungsanstrengungen der Photovoltaik der letzten 20 Jahre in eine industrielle Dimension** überführt werden: kompetitiv, exportorientiert und für ausgewählte Bereiche eines künftigen Massenmarktes konzipiert. Damit soll eine weitere und entscheidende Kostenreduktion realisiert werden. Nebst dieser produktionsorientierten Strategie erhalten Technologien der übernächsten Generation der Solarzellen stärkere Bedeutung: Hier besteht für die Spitzenforschung ein grosses Synergiepotenzial, z.B. mit der Materialforschung und der Chemie. Um mit der anhaltenden Entwicklung Schritt halten zu können, muss die Photovoltaik noch stärker in Interaktion mit weiteren wissenschaftlichen Disziplinen und Akteuren der Industrie und Finanzierung treten.

In vielen Forschungsbereichen der Photovoltaik nimmt die Schweiz international eine Spitzenstellung ein. Angesichts dieser **guten Ausgangslage für eine Produktion von Photozellen** und angesichts des grossen Potenzials der Photovoltaik ist es angezeigt, die **Forschungsanstrengungen nochmals zu steigern**. Es wird deshalb eine Anhebung der bereitgestellten Mittel von heute 14.5 Millionen Franken bis 2007 auf 20 Millionen Franken je Jahr vorgesehen; auch die Mittel für Pilot- und Demonstrationsanlagen sollen leicht angehoben werden (von 2.1 auf ca. 3 Millionen Franken pro Jahr).

Schwerpunkte der Forschung 2004 bis 2007

Kurz- und mittelfristig:

- *Industrielle Fertigung von Solarzellen und Solarmodulen auf der Basis von Dünnschichttechnologien (von Kleinprodukten bis zur Energieanwendung)*
- *Echte Integration von Dünnschichtsolarzellen in neue Produkte für die Gebäudeintegration*
- *Neue Systemkomponenten für netzgekoppelte, Insel- und Hybridsysteme*
- *Massenfertigung und Standardisierung der Produkte und Systeme*

Langfristig:

- *Materialoptionen für Solarzellen der übernächsten Generation (z.B. organische Zellen, Polymere, Kohlenstoffmoleküle, Nanotechnologie)*

Schwerpunkte der Umsetzung 2004 bis 2007

- *Breite nationale Umsetzung mit „High-visibility-Projekten“ im Rahmen von P+D*
- *Produktsynergien mit Gebäudetechnik („green buildings“) und Brennstoffzellen (mittelfristig)*
- *Synergie mit Energiespeicherung und -umwandlung*

Solarchemie (inkl. Wasserstoff)

Die Solarchemie befasst sich mit der **Gewinnung von Grundstoffen in photo-, photoelektro- und thermochemischen Prozessen**, bei denen der Energieinput zu einem massgeblichen Teil durch Solarstrahlung bestritten wird. Die Prozesse können bei Raumtemperatur bis sehr hohen Temperaturen bzw. verschiedenen Lichtkonzentrationen ablaufen. Beispiele sind die photochemische Wasserspaltung, das solare Brennen von Kalk oder die Hochtemperatur-Reduktion von Zinkoxid mit Synthese von Wasserstoff. Die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten sind überwiegend noch im Prototypstadium, können aber mittelfristig eine grosse Bedeutung für die Bereitstellung regenerativer Energieträger und effizienter Energietechnologien erlangen. Im neu gegründeten **schweizerischen Wasserstoff-Kompetenzzentrum HYDROPOLE** sollen die industriellen und technischen Einsatzmöglichkeiten von Wasserstoff koordiniert werden. Auch die **Immobilisierung von toxischen** Stoffen und analoge Prozesse sind wichtige Forschungsgebiete der Solarchemie.

Die **Arbeiten zur Bereitstellung, Speicherung und Nutzung von Wasserstoff sind zu intensivieren**. Dies ist insofern von zentraler Bedeutung, als die Schweiz dank verfügbarer Wasserkraft eine sehr gute Ausgangslage für eine regenerative Wasserstoffwirtschaft aufweist. Neue Entwicklungen mit dem Ziel eine **regionale oder lokale Energieautarkie zu erreichen** sind: die Entwicklung von neuartigen Lichtleitersysteme zum Transfer konzentrierter Strahlungsenergie, die Absorption und Speicherung von solarer Strahlungsenergie in umweltverträglichen Medien sowie der Betrieb von **solarmechanischen Anlagen** (z.B. Stirlingmotor für Wasserpumpen). Als *Spin-off*-Projekte sind des weiteren zu nennen: Die Entwicklung effizienter Absorptionsmaterialien, die katalytische Reduktion von Kohlendioxid und die effiziente Nutzung von Biomasse.

Für die Solarchemie-Forschung stehen heute in der Schweiz grosse Erfahrungen, Fachkompetenz und eine leistungsfähige Infrastruktur zur Verfügung, die international wettbewerbsfähig, zum Teil führend ist und die **Umsetzungen mehrerer Forschungsprodukte in die industrielle Praxis** erlaubt.

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. Zudem gilt es den **ausgezeichneten internationalen Ruf zu halten**. Die seit 1998 sinkenden **Forschungsmittel** sollen von heute 7.9 Millionen Franken bis 2007 wieder auf 12 Millionen Franken **erhöht** werden. Für Pilot- und Demonstrationsanlagen sollte die 1 Million Franken pro Jahr weiterhin genügen.

Schwerpunkte der Forschung und Umsetzung 2004 bis 2007

Mittel- und langfristig:

- *Optimierung der Wasserspaltung zur Wasserstoffproduktion mittels photoelektrochemischer Prozesse bei Raumtemperatur und mittels Metall-Metalloxid-Zyklen bei hoher Temperatur*
- *Neue Speicher (bzw. Speichermaterialien) für Wasserstoff (z.B. nanostrukturierten Kohlenstoff, Verbindungen leichter Metalle wie Alanate, Komposit-Druck-behälter)*
- *Neue Systeme zur Verteilung und Nutzung von Wasserstoff (neue technische Anwendungen und Prozesse, inkl. ökonomische Fragestellungen)*
- *(Solare) Einbindung von CO₂ in industriell nutzbaren Grundchemikalien*
- *Solarthermisch unterstützte (Hochtemperatur-) Immobilisierung toxischer Metallverbindungen und Metalle (z.B. in Keramikmatrizen)*
- *Solarthermische (Niedertemperatur-) Prozesse zur Trocknung von Nahrungsmitteln*

Schwerpunkte der Umsetzung 2004 bis 2007

- *Untersuchungen zu Einsatzgebiet und Wirtschaftlichkeit von Wasserstoffherstellung mittels photoelektrochemischer Prozesse und Metall-Metalloxid-Zyklen, von solarthermischem Kalkbrennen, von Lichtleitersystemen und von solarmechanischen Stirlingsystemen*

Umgebungswärme (Wärmepumpen)

Rund die Hälfte des schweizerischen Energieverbrauchs wird für Raumheizung und Wassererwärmung benötigt. Dabei bleibt man weit hinter den heutigen technischen Möglichkeiten zur effizienten Nut-

zung der Primärenergie zurück. Hier könnte **mit dem Einsatz von Wärmepumpen rasch eine erhebliche Reduktion der CO₂-Emissionen und des Bedarfs fossiler Brennstoffe** erreicht werden, selbst wenn der für den Betrieb der Wärmepumpe nötige Strom fossil-thermisch erzeugt wird. So lassen sich etwa durch eine optimale Kombination eines Blockheizkraftwerkes (vgl. den Bereich *Wärme-Kraft-Kopplung*, Teil fossil betriebene WKK) mit einer Elektrowärmepumpe gegenüber üblichen Öl- oder Gasheizkesseln bereits heute Einsparungen bis 50 Prozent realisieren.

Nachdem im Neubaubereich die Wärmepumpe bei Einfamilienhäusern einen Marktanteil von rund 40 Prozent erreicht hat, steht für die Forschung vor allem die weitere **Effizienzsteigerung bei gleichzeitiger Kostenreduktion** insbesondere bei den in der Periode 2000/2003 neu entwickelten Wärmepumpen für den Sanierungsmarkt für Temperaturen bis 65°C im Vordergrund. Weiter sollen die an modernen Wärmepumpen gemessenen hohen Leistungszahlen durch Systemoptimierung und Standardisierung zuverlässig und kostengünstig zu entsprechend hohen Jahresarbeitszahlen führen. Ein weiterer Schwerpunkt bildet der Ersatz der Fluorkohlenwasserstoffe durch natürliche Arbeitsmittel.

Im unteren Leistungsbereich ist die Wärmepumpe stark vertreten. Mit zunehmender Leistung wird sie aber seltener eingesetzt. Die technischen und wirtschaftlichen Schwierigkeiten sollen auf zwei Wegen angegangen werden:

- Vernetzte Nutzung von Wärmequellen höherer Temperatur, insbesondere im Bereich von ARA
- Gekoppelte Erzeugung von Kälte und Wärme bei gleichzeitigem Bedarf von Kälte und Wärme (zum Beispiel in Restaurants und anderen Gewerbebetrieben)
- Doppelnutzung von Wärmepumpen für Heizen und Kühlen

Dazu ist die Zusammenarbeit mit den Programmen *Geo-* und *Solarthermie* (thermische Speicherung) anzustreben.

Um den Erfolg der Wärmepumpentechnik 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 5.6 auf 9 Millionen Franken jährlich. Mehr als die Hälfte der Steigerung soll der Forschung und Entwicklung zugute kommen.

Schwerpunkte der Forschung 2004 bis 2007

- *Steigerung der Effizienz kostengünstiger Wärmepumpensysteme (Wärmequelle-Wärmepumpe-Wärmespeicherung-Wärmeverteilung) insbesondere für den Sanierungsmarkt. Bei Wärmepumpenheizungsanlagen für Neubauten sollen mindestens folgende Jahresarbeitszahlen erreicht werden: Luft-Wasser 3.0, Sole/Wasser 4.0, Wasser/Wasser 4.5. Bei Wärmepumpenheizungsanlagen für den Sanierungsmarkt (Vorlauftemperaturen am Auslegungspunkt bis 65°C) sollen die entsprechenden Jahresarbeitszahlen 2.7, 3.0 und 3.3 erreichen.*
- *Schliessen von Wissenslücken zur Verwendung umweltverträglicher Arbeitsmittel ohne Beeinträchtigung der Effizienz von Prozessen*
- *Systemoptimierung für gleichzeitige respektive alternative Wärme- und Kälteerzeugung*

Schwerpunkte der Umsetzung 2004 bis 2007

- *Gesamtnutzungsgrad von Absorptions-WP (bezogen auf Endenergieeinsatz, ohne allfällige Spitzenlastdeckung) bei Sanierungen mindestens 150 Prozent, in Neubauten mindestens 180 Prozent.*

Thermische Leistung unter 50 kW

- *Nur Sanierung bestehender Heizungen gemäss Pflichtenheft der SRHP (Swiss Retrofit Heat Pump), vorzugsweise beim Ersatz von Elektro-Widerstandsheizungen.*

Thermische Leistung über 50 kW

- *Sanierung bestehender Heizungen sowie Sanierung bestehender WP-Anlagen zwecks gleichzeitiger Erzeugung von Wärme und Kälte*

- *Neubauten:*
 - *Die Heizung von Neubauten mit Wärmekollektiven (kalte oder warme Fernwärme) ist in erster Linie zu fördern, insbesondere mit Wärmequellen höherer Temperatur (Grundwasser, gereinigtes Abwasser, schmutziges Abwasser, Erdreich).*
 - *Realisieren der teilweise hohen Energiesparpotenziale gegenüber bisherigen Lösungen in der Kältetechnik mit Betonung der kombinierten Kälte- und Wärmenutzung. Dabei sind minimal um 25 Prozent höhere Gesamtnutzungsgrade für Kälte und Wärme zu erreichen.*

Biomasse (Holz, Abfälle, nachwachsende Rohstoffe)

Jährlich werden in der Schweiz rund 9 Milliarden kWh Energie aus Biomasse gewonnen. Davon entfallen ca. 60 Prozent auf das **Holz**; der effektive Anfall an Energieholz würde aber eine doppelt so grosse Nutzung erlauben (rund 10 Milliarden kWh). Rund 3 Milliarden kWh werden heute aus flüssigen und festen **organischen Abfällen** von allen Verbrauchssektoren sowie aus **nachwachsenden Rohstoffen** erzeugt. Das Potenzial wäre aber rund zwei bis drei Mal grösser.

Das politische Ziel des Bundes ist eine mittelfristige **Verdoppelung der Nutzung von Biomasse**. Schon bei gleichen Umwandlungs-Wirkungsgraden könnte der Gesamtenergieverbrauch von heute 3,7 Prozent auf 7 Prozent gesteigert werden. Anzustreben ist jedoch eine **weiter verbesserte Energieausbeute und dies mit minimalen Emissionen der Gesamtkette**.

Die Techniken zur Energiegewinnung aus Biomasse sind weitgehend bekannt und erprobt. Offene Fragen stellen sich aber in den Bereichen Verbrennung, Vergärung und Vergasung, bei System-Optimierungen und aufgrund neuer Rahmenbedingungen bei der Luftreinhaltung und in der Agrargesetzgebung.

Nach der Wasserkraft ist die Biomasse heute die zweitgrösste Quelle erneuerbarer Energie in der Schweiz und ein **Potenzial zur Steigerung der Biomasseverwertung** ist vorhanden. Biomasse zeichnet sich aus durch eine grosse Erzeugnisvielfalt (Wärme, Strom, Kraft, Synthesegas, etc.), die Möglichkeit eines multivalenten Einsatzes (Feuerungen, Antriebsaggregate, etc.) und eine gute Speicherfähigkeit. Wegen der Bedeutung und der Komplexität der Biomassenutzung soll die Vernetzung der Aktivitäten in der Schweiz und die Einbettung in die internationale Zusammenarbeit durch den **Aufbau eines Kompetenzzentrums** gefördert werden. Dadurch rechtfertigt sich eine **massive Erhöhung** der heute eingesetzten **Forschungsmittel** von 3 auf 10 Millionen Franken. Die heute eingesetzten ca. 3 Millionen Franken für P+D werden als angemessen erachtet und sollen auf diesem Wert stabilisiert werden.

Schwerpunkte der Forschung 2004 bis 2007

Wärmeproduktion

- *Suche neuer effizienter Umwandlungstechnologien oder Sekundärmassnahmen zur Stickoxid- und Partikelminderung bei der Verbrennung um einen Faktor 2 bis 3*
- *Massnahmen zur Qualitätsverbesserung und Kostensenkung von Gesamtanlagen*
- *Kenntnis über Bildungsmechanismen und Wirkung von Emissionen (Feinstäube usw.)*

Strom- und Wärmeproduktion

- *Vergärungsprozesse anwendungsorientiert erforschen und optimieren*
- *Stoffflüsse erforschen, vergleichen und bewerten*
- *Gasreinigungssystem für Vergaser inkl. deren Rückstände weiterentwickeln und optimieren*
- *Aufbereitung und Lagerung sowie Entsorgung von biogenen Abfallprodukten aufzeigen*

Treibstoffe

- *Treibstoffe aus Vergärungsgasen von Energiegras, Landschaftspflegeheu, Ölsaaten usw.*
- *Treibstoffe aus Abfalllinien (Abfallpflanzenöle, Grüngut, etc.)*
- *Treibstoffe aus NAWARO aus extensivem Landanbau*

Schwerpunkte der Umsetzung 2004 bis 2007

- *Umsetzung und Einführung neuer Produkte und Auswertung von Langzeiterfahrungen*

- *Qualitätssicherung bei Verbrennungsanlagen sowie Systemoptimierung bestehender Anlagen*
- *Förderung verfügbarer Vergasungssysteme in der Praxiserprobung*
- *Realisierung zweier grosser Grüngutvergärungsanlagen in Ballungszentren*
- *Demonstrationsanlagen in der Landwirtschaft, in der Industrie, im Grüngut-Gewerbe und bei der öffentlichen Hand (ARA)*
- *Entwicklung sowie Realisierung kostengünstiger Gasnetz-Einspeisungen*

Geothermie

Geothermie ist der einzige der neuen erneuerbaren Energieträger, welcher ununterbrochen zur Verfügung steht und keiner zusätzlichen Speicherung bedarf. **Das Erdwärmepotenzial in heute technisch erschliessbarer Tiefe ist praktisch unerschöpflich.** Grundsätzlich würde die Ressource ausreichen, den Wärmebedarf der Schweiz zu decken.

Die **bisherige Nutzung von Erdwärme** in der Schweiz konzentrierte sich auf relativ kleine Erdwärmesonden-Anlagen und Grundwasser-Wärmenutzungen für Ein- und Mehrfamilienhäuser. Allerdings ist über die letzten Jahre ein deutlicher Trend hin zu grösseren Anlagen zu beobachten, wobei Geostrukturen (zum Heizen und Kühlen) und Erdwärmesondenfelder zum Einsatz gelangen. Gerade bei den **Geostrukturen** (*erdberührte Betonteile*) sind in der Schweiz noch beachtliche Steigerungen möglich. Auch die beiden **Alp-Transit-Tunnels** weisen erwiesenermassen beachtliche geothermische Nutzungspotenziale auf.

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 wird mit dem Hot-Dry-Rock-Verfahren (d.h. dem Aufbrechen von trockenen Spalten in mehreren tausend Metern Tiefe zur Erhitzung von eingepresstem Kaltwasser) ein Schritt in diese Richtung getan. Mit der schnellen Entwicklung der Tiefbohrtechnik im Erdölsektor und grossen Fortschritten geophysikalischer Erkundungsmethoden rückt die Nutzung tiefer Hochtemperaturbereiche in wirtschaftlich attraktive Nähe. Eine erfolgreiche Sondierbohrung in Basel zur Prüfung der Standorteignung für eine Pilotanlage hat die Schweiz zu einem der Pioniere in der Entwicklung dieser Technologie gemacht. Geplant ist in Basel die Entwicklung des weltweit ersten geothermischen Heizkraftwerks nach dem Hot-Dry-Rock-Verfahren.

Die Voraussetzungen für die Installation eines **geothermischen Heizkraftwerks in Basel** sind vorteilhaft und die Chance, die Technologie zu demonstrieren, sollte ergriffen werden. Zur detaillierten Untersuchung des Projekts sind die **Mittel** für Pilot- und Demonstrationsanlagen von 1 auf 5 Millionen Franken zu **erhöhen**. Die der Forschung zugeteilten Mittel von ca. 2 Millionen Franken sind dagegen angemessen und konstant zu halten.

Schwerpunkte der Forschung 2004 bis 2007

Kurz- und mittelfristig:

- *Forschung über die gegenseitige Beeinflussung von Erdwärmesonden und Energiepfählen (Minimalabstände zur Vermeidung von Nutzungskonflikten)*
- *mobile und im Betrieb kostengünstige Messinstrumente (z.B. für „Response-test“) zur Auslegung von grösseren Erdwärmesondenfelder und Energiepfählanlagen*
- *Fragen bezüglich Hinterfüllung und Lebensdauer von Erdwärmesonden mit Tiefen über 300 m, Prüfung neuer Materialien und Konstruktionstypen für solche Tiefen*
- *Erarbeitung von Grundlagendaten zwecks Wärmenutzung der beiden Alp-Transit-Tunnelröhren (Projekt von nationaler Bedeutung) als Entscheidungsgrundlage für kantonale Energiefachstellen und Alp-Transit-Gesellschaften*

Langfristig:

- *Entwicklung von „Smart instruments“ um kostengünstig Temperaturen und andere wichtige Parameter in tieferen Erdwärmesonden-Installationen zu messen*

- *Verbesserung der Wirtschaftlichkeit von Erdwärmesonden-Anlagen durch Verbilligung von Bohrtechnologien und Vereinfachung der Installationsmethodik für tiefe Erdwärmesonden (bis etwa 500 m Tiefe)*
- *Untersuchung des Einflusses von Temperaturschwankungen auf die Mantelreibung von Energiepfählen (von sogenannten schwimmenden oder hängenden Pfählen)*

Schwerpunkte der Umsetzung 2004 bis 2007

- *Hot-Dry-Rock-Verfahren: Umsetzung der Pilotanlage Basel (Projekt von nationaler Bedeutung) sowie standortspezifische Abklärungen für Folgeobjekte*
- *Erfolgskontrolle (d.h. Betriebsmessungen über mindestens zweijährige Heizperioden) von Grossanlagen mit innovativen Aspekten*
- *Gezielte Förderung von geothermischen Grossanlagen mit stark innovativen Aspekten*

Wind

Windenergie ist weltweit die am stärksten expandierende Form der Energienutzung mit jährlichen Wachstumsraten von über 30 Prozent. Heute sind weltweit ca. 24'000 MWp Windenergieanlagen installiert und generieren rund 36'000 GWh. In der Schweiz sind Ende 2001 19 Windkraftanlagen mit einer Gesamtleistung von 5.32 MW am Netz, welche rund 5.6 GWh produzieren. Die Entwicklung geht sowohl in Richtung grosser Off-Shore-Windparks im Meer als auch zur Erschliessung von Binnenland-Standorten – auch in Gebirgslage – für grössere Windenergieanlagen (Leistung über 600 kWp). In der Schweiz wird ein Kompetenzaufbau für Anlagen mit einer sehr hohen Verfügbarkeit für Standorte im Gebirge mit eingeschränkten Zufahrtsmöglichkeiten und harschen klimatischen Bedingungen angestrebt. Dies eröffnet der schweizerischen Elektro- und Messapparatebranche Marktchancen im In- und Ausland für teure aber qualitativ hochstehende Produkte. Im Zentrum von Forschung und Umsetzung steht die Entwicklung von spezifischen **Anlagekomponenten und –konzepten für rauhe Bedingungen** (Eis, Turbulenzen) **mit hoher Verfügbarkeit und zur Montage in schwierigem Gelände**.

Die Windkraftnutzung in der Schweiz ist, nebst den hohen technischen Anforderungen aufgrund von Standorten im Gebirge, weiterhin mit **Akzeptanzproblemen** konfrontiert. Mit einem nationalen Konzept sollen die gesetzten Ziele von 50 GWh bis 100 GWh bis ins Jahr 2010 räumlich konkretisiert und die notwendigen Planungsgrundlagen erarbeitet werden.

Die spezifischen Fragestellungen für **Windkraftanlagen im Gebirge** und eine **bedeutende heimische Zulieferindustrie** von Komponenten für Windkraftanlagen rechtfertigen die Wiederaufnahme der Forschungsaktivitäten. Damit soll auch die Möglichkeit geschaffen werden, in internationalen Gremien Erfahrungen auszutauschen. Ein **Mitteleinsatz** von 1 Million Franken für Forschung und Entwicklung sowie die Stabilisierung der heute aufgewendeten 1 Million Franken für Pilot- und Demonstrationsprojekte ist anzustreben.

Schwerpunkte der Forschung 2004 bis 2007

- *Erhöhung der Akzeptanz der Windenergienutzung (Auswertung des Einflusses von Windkraftanlagen, Erarbeitung von Richtlinien, nationales Konzept)*
- *Entwicklung von innovativen Komponenten (wartungsfreie Generatoren mit variabler Drehzahl, intelligente Rotorblätter, etc.)*
- *Entwicklung von spezifischen Konzepten und Komponenten für Anlagen in schwierigem Gelände und unter rauhen klimatischen Bedingungen*

Schwerpunkte der Umsetzung 2004 bis 2007

- *Optimierung von Leistungselektronik im MW-Bereich*
- *Aufbau eines Kompetenzzentrums „Windenergienutzung im Gebirge“ (Projekte im schwierigen Terrain, Modellierungssoftware, Test-Anlagen)*
- *Konzepte für dezentrale Stromproduktion in Randregionen*

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 (Wasserräder oder Kleinturbinen). Wegen der zunehmenden Konkurrenz von kostengünstiger produzierenden Grosskraftwerken, den flexibler einsetzbaren Verbrennungsmotoren setzte ein starker Schrumpfungsprozess ein. 1985 waren es noch gesamthaft rund 1000 Anlagen. Seit der **Förderung** von Kleinwasserkraftwerken durch den Bund ab 1992 zeichnet sich nun eine Trendwende ab: So gehen jetzt jährlich mehr als ein Dutzend Kleinwasserkraftwerke neu oder nach einer langjährigen Stilllegungspause wieder ans Netz. Ein grosses Potenzial für neue standardisierte Anlagen ist in Trinkwasser- und Kläranlagen vorhanden.

Es kann erwartet werden, dass der Forschungs- und Entwicklungsbedarf zur Nutzung der Wasserkraft zukünftig **verstärkt von der Privatwirtschaft getragen** wird. Andererseits liegen bei neuen Anwendungen und bei der Standardisierung der Technologie noch **Potenziale** brach, die es zu erschliessen gilt. Folglich sollen die heute eingesetzten 3.1 Mio. Franken für F,E&D auf 4 Millionen Franken erhöht werden, wobei je 2 Millionen Franken für Forschung und Entwicklung sowie für Pilot- und Demonstrationsanlagen verwendet werden sollen.

Schwerpunkte der Forschung 2004 bis 2007

- *Modulare Bauweisen mit geringem Platzbedarf und minimalen Tiefbaueingriffen für den Einbau in bestehende Leitungen*
- *Kostengünstige (durch standardisierte Bauweise), kompakte, tragbare respektive mobile Pico-Kraftwerke für Inselbetrieb (z.B. für Alpwirtschaften)*
- *Konzepte für Selbstbau und Teileigenleistungen, insbesondere für Selbstversorgung*
- *Innovative Gesamtsysteme effizienter und energiesparender Technologien: Kombination mit Nutzung von Triebwasser- und Umgebungswärme, usw.*
- *Verringerung der Schallemissionen und Vibrationen: Luft- und Körperschall*
- *Verringerung der Beeinträchtigung durch Schwemmgut, Eis und Geschiebe*
- *Drehzahl variable Technologie für den Betrieb mit unregelmässigen oder einfachgeregelten Turbinen*
- *Einsatz von neuen wirtschaftlicheren Materialien und Herstellungsverfahren: Kunststoffe usw.*
- *Kostengünstige elektronische Regler mit erweiterbaren Funktionen zur Betriebsoptimierung*
- *Neue wirtschaftliche Lösungen zur Elektrifizierung und Vollautomatisierung von Kleinstturbinen und Wasserrädern, einschliesslich Rekonstruktion respektive Sanierung von Wasserrädern*

Schwerpunkte der Umsetzung 2004 bis 2007

- *Falltypische Abwasserkraftwerke, insbesondere auch zur Turbinierung vor Abwasserreinigungsanlagen*
- *Nutzung überschüssiger Drücke und Gefälle in bestehenden Leitungen: Trinkwasser, Drainage, Bewässerung, Tunnelwasser, Kühl- und Prozesswasser, usw.*
- *Neue Lösungen für Niederst- und Hochdruck-Kraftwerke: überflutete Anlagen, Freiluftanlagen, Heberanlagen, kostengünstigere und kompaktere Turbinen; eventuell Wasserräder, Baukastensysteme für einfachen Einbau in bestehende Wasserbauten, usw.*
- *Nutzung von Restpotenzialen in bestehenden Stauanlagen: Gefälle in Zuleitungen, Dotier- und Überwasser, usw.*
- *Ökologie und Qualitätssicherung*

6.3 Kernenergie

Kernspaltung

Regulatorische Sicherheitsforschung

Die nukleare regulatorische Sicherheitsforschung ist Basis für die Sicherheitsbehörde zur **Beurteilung der Sicherheit von Kernanlagen**. Regulatorische Sicherheitsforschung kann einerseits durch konkrete sicherheitstechnische Fragestellungen aus bestehenden Anlagen bedingt sein, andererseits dient sie auch dazu, generische sicherheitsrelevante Probleme und Phänomene der nuklearen Sicherheit proaktiv zu untersuchen. Sie dient im öffentlichen Interesse dazu, die **Grundlagen zur Sicherheitsaufsicht nach dem Stand von Wissenschaft und Technik** zu gewährleisten und ist Bestandteil der Aufsichtstätigkeit. Die regulatorische Sicherheitsforschung ist eine selbständige Disziplin, indem sie spezifische Bedürfnisse der gesetzlichen Aufsicht und der staatlichen Auflagen abdeckt. Damit grenzt sie sich von Sicherheitsforschung ab, die daneben auch rein wissenschaftliche und kommerzielle Zielsetzungen verfolgt.

Mit zunehmendem Alter der Kernkraftwerke nimmt die Bedeutung der **Materialalterung als sicherheitsrelevantes Phänomen** zu. Gleichzeitig sind **Modernisierungsanstrengungen** im Gang, um Kernkraftwerke auf den aktuellen Stand der Technik nachzurüsten. Ein Stichwort dazu sind digitale Kontrollsysteme. Damit verbunden stellen sich auch neue Fragen der **Wechselwirkung zwischen Mensch und Maschine**. Generell ist der Faktor Mensch im Sicherheitsgefüge komplexer technischer Systeme in den letzten Jahren vermehrt ins Blickfeld gerückt. International ist ein Trend in Richtung risikoinformierte Regulierung festzustellen. Ohne verstärkte Anstrengungen auf dem Gebiet der **probabilistischen Sicherheitsanalyse** wird sich eine risikoinformierte Aufsichtstätigkeit nicht umsetzen lassen.

Der Ausblick auf die **Stilllegung** von Kernkraftwerken und die **Entsorgung** radioaktiver Abfälle lässt die nukleare regulatorische Sicherheitsforschung nicht unberührt. In manchen Bereichen fehlt noch eine genügende Wissensgrundlage für zukünftige Entscheidungen.

Auf die eingangs erwähnten Herausforderungen muss die regulatorische Sicherheitsforschung eine Antwort finden. Darin steht die Schweiz nicht alleine. Nur in **Zusammenarbeit mit der internationalen Gemeinschaft** lassen sich verschiedene Forschungsvorhaben sinnvoll angehen. Die Schweiz geht damit auch eine gewisse internationale Verantwortung ein, als aktiver Partner bei multinationalen Projekten mitzuwirken. Diese Vernetzung liegt durchaus im Interesse unseres Landes. Ein gegenseitiger Austausch von Erfahrung und Wissen schafft auch hierzulande die notwendigen Kompetenzen, um die Sicherheitsaufsicht auf hohem Niveau wahrzunehmen.

Angesichts des fortgeschrittenen Alters der Schweizer Kernkraftwerke kommt der regulatorischen Sicherheitsforschung eine grosse Bedeutung zu. Von der Verlängerung der Laufzeiten und der Verringerung der Sicherheitsmargen profitiert hauptsächlich die Elektrizitätswirtschaft, wodurch ein grösseres finanzielles Engagement von deren Seite gerechtfertigt ist. Um die Unabhängigkeit der Forschung dennoch zu gewährleisten müssen neue Finanzierungsmodelle wie beispielsweise das Einrichten eines Fonds geprüft werden. Zudem ist die internationale Zusammenarbeit weiter auszubauen. Aus diesen Gründen ist eine **Senkung des Mitteleinsatzes der öffentlichen Hand** von gegenwärtig 7.5 Mio. auf 6.5 Mio. Franken pro Jahr vertretbar.

Schwerpunkte der Forschung 2004 bis 2007

- *Materialwissenschaften: Alterungsüberwachung von Komponenten; Diagnose und Analyse des Materialalterungsverhaltens; Einflussfaktoren der Materialermüdung; präventive Massnahmen im Zusammenhang mit der Materialermüdung*
- *Neue Technologien und Brennstoff: Sicherheitsfragen des Hochabbrands; Verhalten von Misch-oxid- und Inertmatrixbrennstoff; digitale Leitsysteme; neue Sicherheitssysteme*

- *Mensch-Maschine-System und organisatorische Faktoren: Errors of Commission (unerwünschte Operateur-Handlungen); Gestaltung von Interfaces (Schnittstellen); Human Reliability; Einfluss der Organisationsstruktur auf die Sicherheit; Sicherheitsindikatoren*
- *Regulatorische Verfahren: Möglichkeiten der risikoinformierten Regulierung; Messung und Stimulierung der regulatorischen Effizienz. Moderne Sicherheitsanalyse unter besonderer Berücksichtigung der Beurteilung von und dem Umgang mit Sicherheitsmargen*
- *Weiterentwicklung der probabilistischen Sicherheitsanalyse (PSA)*
- *Forschung zur Stilllegung von Kernanlagen und der Endlagerung von radioaktiven Abfällen*

Sicherheitsforschung für die im Betrieb stehenden Kernkraftwerke

Von der Zielsetzung her ist zwischen technisch-wissenschaftlicher und regulatorischer Forschung zu unterscheiden – auch wenn die Übergänge fließend sind. Eine Zusammenarbeit mit der Sicherheitsbehörde ist unabdingbar und bringt bedeutende Synergieeffekte. Bei der hier angesprochenen technisch-wissenschaftlichen Forschung geht es um die Gewinnung weiterer **wissenschaftlicher Kenntnisse und ihrer Umsetzung**. Angesichts des zunehmenden Alters der Kernanlagen und beabsichtigter Betriebsverlängerungen muss insbesondere den **Alterungsmechanismen** ausreichende Aufmerksamkeit gewidmet werden.

Analog zur regulatorischen Sicherheitsforschung gilt es für die Elektrizitätswirtschaft, sich finanziell stärker für die technisch-wissenschaftliche Sicherheitsforschung einzusetzen und die Grundlagen für einen verlängerten Betrieb ihrer Anlagen bereitzustellen. Aus diesen Gründen sollen die öffentlichen Gelder von gegenwärtig 10.8 Mio. Franken pro Jahr auf rund 7 Mio. Franken im Jahr 2007 gesenkt werden.

Schwerpunkte der Forschung 2004 bis 2007

Kurz- und mittelfristig (in Zusammenarbeit mit regulatorischer Forschung):

- *Materialforschung (Struktur- und Bruchmechanik, Alterungsmechanismen, umgebungs- und strahlungsinduzierte Korrosionsphänomene, neue diagnostische Verfahren)*
- *Systemverhalten der schweizerischen Kernkraftwerke bei Betriebsstörungen, Auslegungsfällen und Teilversagen von Sicherheitssystemen*
- *Optimierung des LWR-Brennstoffzyklus (Hochabbbrand, MOX)*
- *Analyse der Auslegung überschreitender Unfälle, Studium von relevanten Einzelphänomenen (Jodchemie und Aerosolphysik, Dampferzeuger-Lecks) und Qualifizierung von Accident-Management-Massnahmen*
- *Unfall- und Risikoanalysen (unter spezieller Berücksichtigung von menschlichem Versagen)*
- *Bereitstellung von Risikoinformation ("Risk informed regulation")*
- *Strahlenschutz (Transport und Ablagerung von Aktivstoffen, Radioanalytik, Dosimetrie)*
- *Sicherheitskultur*

Radioaktive Abfälle

Bei der Entsorgung radioaktiven Materials geht es primär um 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). In den letzten 20 Jahren hat sich eine enge Zusammenarbeit mit dem PSI etabliert, welches vor allem **wissenschaftliche Grundlagen der Chemie von Endlager-systemen und des Nuklidtransports** bearbeitet.

Unabhängig von der Suche und Prüfung konkreter **Standorte für Endlager** (was nur teilweise Aufgabe der öffentlichen Energieforschung ist) bleiben trotz Fortschritten, für Entscheide noch Fragen zu beantworten.

In den kommenden Jahren gilt es primär, zwei Problemfelder zu bearbeiten: **hochaktive Abfälle und abgebrannte Brennelemente sowie langlebige mittelaktive Abfälle** einerseits und **schwach- und kurzlebige mittelaktive Abfälle** andererseits. Beim ersteren ist in Wechselwirkung mit den Behörden der Entsorgungsnachweis im Opalinuston des Zürcher Weinlandes zu erbringen, beim zweiten sind die Untersuchungen von Zementsystemen unter besonderer Berücksichtigung der Abfälle aus dem Verantwortungsbereich des Bundes weiterzuführen.

Für diese Arbeiten ist mit **öffentlichen Geldern** zurückzufahren: Bis 2007 auf 3 Mio. Franken pro Jahr.

Schwerpunkte der Forschung 2004 bis 2007

Kurz- bis langfristig:

- *Grundlagen der Tiefenlagerchemie (Rechencodes, Datenbasen, Spurenelementverhalten)*
- *Geochemie an Grenzflächen (Sorption auf Gesteinen, Zement und deren konstituierenden Mineralien, Einbau von Radionukliden)*
- *Radionuklidtransport in Wirtgesteinen und Zement (Feld- und Laborversuche, Modelle)*
- *Auslaugverhalten von Glasmatrizen*

Vorausschauende Forschung

Die politische Vorgabe, die Nutzung der Kernenergie als Option offen zu halten, erfordern die Erhaltung einer Beurteilungskompetenz für potentielle Neuanlagen und zugehöriger Brennstoffzyklen. Für die Schweiz bedeutet dies aktive Mitarbeit an internationalen Entwicklungen und Projekten (z.B. *Generation IV NPP Initiative International Forum* oder EU-Programme). Neben den Fähigkeiten und Anlagen im Nuklearbereich kann das PSI andere themenverwandte Projekte (MEGAPIE) und seine Grossanlagen (SLS, SINQ, Hotlabor) einbringen, insbesondere, weil Materialfragen (Hochtemperatureinsatz, gravierende Strahlungs- und Kühlmittelflüsse) für viele Konzepte entwicklungsentscheidend sind. Kurz- und mittelfristig steht die **Weiterentwicklung der Leichtwasserreaktoren (LWR) mit passiven Sicherheitssystemen** und entsprechend ertüchtigten Sicherheitsbehältern im Vordergrund. Wichtigster Akteur in diesem Bereich ist das PSI. Der Bau sogenannter supersicherer Reaktoren wird forschungsmässig weitgehend auf dem Know-how der ausländischen Hersteller beruhen; allerdings kann das PSI in Nischen sein Know-how wirkungsvoll anwenden und über Beteiligung an grösseren Projekten weiterentwickeln. Eine solche Beteiligung setzt eigene Forschungsmittel voraus (*no cash-flow projects* bzw. 50 % Eigenanteile), gewährt aber vollen Zugang zu den Gesamtkenntnissen und hat somit einen hohen Mehrwert. Den Schwerpunkt sollten dabei sicherheitstechnische Aspekte bilden, da diese auch in bestehende Anlagen einfließen können.

Aufgrund der politischen Vorgaben, aus Gründen der Ausbildung wissenschaftlichen Nachwuchses und durch den Grundlagencharakter dieser Forschung rechtfertigt sich der Einsatz öffentlicher **Mittel** auf diesem Gebiet. Dieser sollte jedoch 2 Mio. Franken pro Jahr nicht übersteigen. Insbesondere in den Bereichen Brennstoffe und Transmutation ist zudem eine angemessene Mitbeteiligung der Elektrizitätswirtschaft unabdingbar.

Schwerpunkte der Forschung 2004 bis 2007

Kurz- bis mittelfristig:

- *Passive Wärmeabfuhr bei LWR aus Reaktorkern und Sicherheitsbehälter bei grösseren Wasservorräten (Wärmetransfer, Stabilitätsprobleme, Computercodes, Funktionsnachweise)*
- *Reaktorphysikalische Konzeptstudien und Experimente (insb. zu Transmutationsfragen)*
- *Beiträge zum Hochtemperaturverhalten von Werkstoffen sowie zur Thermohydraulik und zum Materialverhalten in Kühlkreisläufen mit flüssigem Pb/Bi (MEGAPIE; Entwicklung bei Accelerator Driven (Transmutation) Systems (AD(T)S))*

Kernfusion

Die kontrollierte thermonukleare Kernfusion gilt als wichtige Energiequelle für die Zukunft. Die Forschungsarbeiten haben heute ein Stadium erreicht, das es ermöglicht, den nächsten Schritt im Programm in Angriff zu nehmen, nämlich den Bau eines grossen Forschungsreaktors mit der Bezeichnung ITER, mit dem **die wissenschaftliche und technische Machbarkeit sowie die Sicherheit der Fusion nachgewiesen werden soll**. Prospektive Studien anhand verschiedener Energieversorgungsszenarien zeigen, dass im Fall der Umsetzung einer Politik zur Reduktion der Treibhausgase die durch Fusion erzeugte Elektrizität einen signifikanten Beitrag zur Energieversorgung leisten könnte. Zwar können durch die Bestrahlung der Reaktorstrukturen durch die aus den Fusionsreaktionen stammenden Neutronen radioaktive Verbindungen entstehen; die Auswahl geeigneter Materialien (sogenannter Materialien mit schwacher Aktivierung) ermöglicht es jedoch, dieses Phänomen auf Isotope mit kurzer Halbwertszeit (einige Jahrzehnte) zu beschränken, was das Problem der langfristigen Lagerung der Abfälle entschärft. Die Fusion ist unbestreitbar eine Energiequelle mit immensm potentiellen Nutzen, doch die Umsetzung in industriellem Massstab hängt von derzeit schwer einzuschätzenden wirtschaftlichen und sozialen Faktoren ab. Wie jede Forschung im Hochtechnologie-Bereich erfordern Forschungs- und Entwicklungsarbeiten auf dem Gebiet der kontrollierten Kernfusion Investitionen, die die Möglichkeiten eines kleinen Landes wie die Schweiz bei weitem übersteigen.

Die wichtigsten noch offenen technischen Fragen in diesem Bereich kreisen um folgende Punkte:

- Herstellung eines Plasmas, das in der Lage ist, kontinuierliche Fusionsreaktionen zu unterhalten
- Optimierung des Systems zur Wärme- und Partikelextraktion
- Optimierung der Aufheizung des Plasmas auf Fusionstemperaturen
- Entwicklung von Materialien mit einer schwachen Aktivierung.

Durch internationale Abkommen sind **die Schweizer Forscher des Plasmaphysik-Forschungszentrums (CRPP) der ETH-Lausanne voll in das EURATOM-Programm der Europäischen Union und in die Aktivitäten im Rahmen der Vollzugsübereinkommen unter der Leitung der IEA integriert** und profitieren auf diese Weise vom Know-how-Austausch auf internationaler Ebene. Sie leisten hervorragende, international anerkannte Arbeit. Die im Rahmen der Fusionsforschung ausgeführten Arbeiten eröffnen zahlreiche neue Möglichkeiten (spin-off). So sind die Ergebnisse der Materialforschung auch in anderen wichtigen energierelevanten Gebieten, vor allem bei der Sonnenenergie, bei Wärmetauschern, bei hoher Temperatur supraleitenden Kabeln usw. nutzbar. Ebenso kommen die in der Plasmaphysik erworbenen Erkenntnisse vielen in der Schweiz vertretenen Industriebranchen im Spitzentechnologiebereich zugute, die Verfahren anwenden, bei denen Plasma eingesetzt wird. Es ist daher notwendig und gerechtfertigt, die Arbeiten des CRPP weiterhin zu unterstützen, und zwar nicht nur in Anbetracht ihres Endziels, der Beherrschung der Kernfusion, sondern auch aufgrund ihrer zahlreichen Auswirkungen auf die Grundlagenphysik und die angewandte Forschung. Darüber hinaus garantieren diese Tätigkeiten anspruchsvolle Ausbildungsplätze und tragen somit zur Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses unseres Landes bei.

Das derzeit grösste internationale Projekt ist der Bau von ITER. Dieser Reaktor basiert auf dem Tokamak-Prinzip (magnetischer Einschluss des Plasmas), ein Reaktortyp, zu dem derzeit auch am CRPP Untersuchungen durchgeführt werden. Die strategische Planung des CRPP sieht neben einer intensiven nationalen Forschungstätigkeit auch eine aktive wissenschaftliche und technische Mitarbeit am Bau von ITER vor. Für das kommende Jahrzehnt ist zu erwarten, dass dieses Projekt auch auf industrieller Ebene erhebliche Auswirkungen zeigt. Durch seine Arbeit auf nationaler Ebene bildet das CRPP darüber hinaus den erforderlichen Nachwuchs für den wissenschaftlichen Betrieb von ITER aus.

Bei der **Finanzierung der Fusionsforschung** sind mehrere Aspekte zu berücksichtigen. Vom Standpunkt der Energieversorgung her gesehen ist angesichts des Beitrags, den die Fusion zu den Szenarien einer nachhaltigen Entwicklung leisten würde, eine im Verhältnis zur Grösse der Problematik stehende finanzielle Unterstützung empfehlenswert. Auch vom Standpunkt der allgemeinen Strategie im Forschungsbereich her betrachtet ist der **Einsatz erheblicher Mittel gerechtfertigt, um in der Schweiz während des Baus von ITER die Entwicklung einer Spitzenforschung zu ermöglichen. Die für die Fusionsforschung eingesetzten Mittel sind aber immer im Verhältnis zu andern**

Vorhaben und der für die Energieforschung zur Verfügung stehenden Gesamtsumme **abzuwägen**. Darüber hinaus sollte sich die schweizerische Industrie aktiver am ITER-Projekt beteiligen; sie sollte auch ihre finanzielle Unterstützung für die Fusionsforschung erhöhen und ihre Zusammenarbeit mit dem CRPP intensivieren, damit dieses Projekt positive Auswirkungen in den Bereichen Technologie, Industrie und Ausbildung entfalten kann. Aus diesen Gründen ist vorgesehen, die finanziellen Aufwendungen schrittweise von derzeit 24.2 Millionen Franken jährlich auf 22 Millionen Franken im Jahr 2007 zu senken.

Schwerpunkte der Forschung 2004 bis 2007

- *Untersuchungen zum Magneteinschluss von heissem Plasma am Tokamak des CRPP*
- *Entwicklung von Generatoren und Systemen zur Hochfrequenzheizung von Plasma im Hinblick auf ITER*
- *Weiterentwicklung und Tests der Hoch-Magnetfeld-Materialien und der Magnetspulentechnologie (Anlage SULTAN am Paul Scherrer-Institut (PSI))*
- *Entwicklung von Materialien mit schwacher Aktivierung und Aufklärung der Strahlenschäden (Bestrahlungsanlagen wie SINQ, welche die Partikelquellen des PSI nutzen)*
- *Untersuchungen zur Plasma-Wand-Wechselwirkung (Zusammenarbeit mit der Universität Basel)*
- *Beteiligung am wissenschaftlichen Betrieb des europäischen Tokamak JET sowie an der Planung und am Bau von ITER*
- *Theorie und numerische Simulation der physikalischen Phänomene in einem Plasma in der Fusionsphase*
- *Untersuchungen zu den physikalischen Merkmalen der für die Fusion in heissen Plasmen wichtigen Phänomene unter Verwendung spezieller Anlagen.*

6.4 Energiewirtschaftliche Grundlagen

Energieproduktion, Energieverteilung und Energieverbrauch sind zunächst in einem technischen Kontext zu sehen. Auch bei Sicherheitsfragen oder bei der Energieeffizienz ist die Technik als Basis zu beachten. Letztlich entscheiden aber **wirtschaftliche, ökologische, gesellschaftliche Rahmenbedingungen und Verhaltensweisen**, inwiefern technische Chancen und Potenziale ausgeschöpft und realisiert werden können oder diese als Barrieren den technischen Fortschritt verhindern. Es zeigt sich, dass Fortschritte im Energiebereich zentral von den gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Faktoren abhängen und diese deshalb fundiert zu analysieren sind. Es bestehen hier nach wie vor grosse Defizite.

Energiepolitik

Energiesysteme sind u.a. aufgrund der Versorgungs- und Kostensicherheit sowie der zentralen Bedeutung für die Wirtschaft in hohem Masse von politischen Prozessen abhängig. Dies verlangt einerseits, dass die **für die Politik nötigen Entscheidungsgrundlagen** erarbeitet werden müssen. Dies kann z.B. in Form von Szenarien zur Identifikation von Entwicklungstrends im Energiebereich oder über Wirkungsanalysen von Massnahmen (ex ante respektive ex post) realisiert werden. Andererseits sind aber auch die **Kenntnisse der Strukturen und Mechanismen der politischen Willensbildung und Entscheidungsfindung sowie des Vollzugs und der Akzeptanz deutlich zu erweitern**; denn nur dann sind tragfähige und effiziente Lösungen zu erwarten.

Die heute eingesetzten 3 Millionen Franken, decken den Bedarf an Instrumenten der Energiepolitik weitgehend ab, wodurch die **Mittel** auf diesem Wert **stabilisiert** werden sollen.

Schwerpunkte der Forschung und der Umsetzung 2004 bis 2007

Kurz- und mittelfristig:

- *Verbesserung von Datengrundlagen und von Energiestatistiken (Indikatoren, Monitoring, Benchmarking, Erfolgskontrolle, Statistik)*
- *Ergänzende Arbeiten an Input-Output-Modellen sowie Gleichgewichtsmodellen zur Abklärung volkswirtschaftlicher Wirkungen von energiepolitischen Massnahmen (Effizienz- und Verteilungsfragen in regionaler, intergenereller Hinsicht, Innovationseffekte, Einbezug externe Kosten)*
- *Vollzugs- und Wirkungsanalysen bestehender energiepolitischer Massnahmen, auch vergleichende Effizienz-Untersuchungen*
- *Entwicklung und Analyse von neuen Massnahmen und Instrumenten wie marktwirtschaftliche Ansätze (Contracting, Vereinbarungen, Bonus-Malus-Systeme), aber auch Vorschriften. Untersuchung des direkten Zusatznutzen von neuen Energiesystemen*
- *Untersuchung von Innovationen und Innovationsprozessen sowie technische Energiepotenziale (wirtschaftliche und wirtschaftspolitische Faktoren, welche den Erfolg auf dem Markt beeinflussen)*
- *Analyse der Akzeptanz von marktwirtschaftlichen Instrumenten*
- *Szenarien für langfristige, nachhaltige Energiequellen und Verbrauchsprofile*
- *Untersuchung der Steuerungswirksamkeit von Abgaben und weiteren Instrumenten*

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, aber auch gesellschaftliche 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 in bezug auf spezielle Märkte, wie etwa 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 Produktion und Verbrauch von Energie gefährdet die Umwelt in verschiedenster Hinsicht. Mehr noch: die damit verbundenen Umweltbelastungen, insbesondere die CO₂-Emissionen erfordern, ein auf Nachhaltigkeit ausgerichtetes Energiesystem anzustreben. Insofern müssen auch (auf Energie bezogene) **Umweltfragen im Rahmen der Energieforschung** behandelt werden.

Angesichts der **Querschnittsfunktion zu den Technischen Gebieten**, die der Behandlung des Themas nachhaltige Energieversorgung zukommt und angesichts der vielen offenen Fragen (vor allem auch im Zusammenhang mit den Bedürfnissen der Gesellschaft) ist es angezeigt, die hierfür zur Verfügung stehenden **Mittel** von heute 8.7 Mio. Franken bis ins Jahr 2007 auf 11 Mio. Franken zu **erhöhen**.

Schwerpunkte der Forschung und der Umsetzung 2004 bis 2007

Kurz- und mittelfristig:

- *Submissionspolitik der öffentlichen Hand im Rahmen der Energieversorgung*
- *Analyse der Raumstrukturen und des Energieverbrauchs*
- *Analyse der modernen Mobilität inkl. Entwicklung von Massnahmen*
- *Preisentwicklung für verschiedene Energieträger*
- *Nachhaltigkeit verfügbarer und neuer Technologien (auch mit Ökobilanzen, Technologiefolgenabschätzungen, Risikoanalysen, Cost-Benefit-Analysen usw.)*
- *Interdependenzen mit andern Politikbereichen*
- *Netzzugang und seine Tarifierung im Zusammenhang mit der Öffnung des Strommarktes*
- *Grüne Energiemärkte (Voraussetzungen, Wirkungsanalysen, usw.)*
- *Strategien zur Internalisierung der externen Kosten (Datenbedürfnisse, regionale Differenzierungen, Verwendung der Einnahmen usw.)*

Langfristig

- *Sozialpsychologische, ethische und politologische Fragestellungen*
- *Stoffflussanalyse und Energieverbrauch*
- *Struktureffekte eines massiven CO₂-Absenkpades mit entsprechenden Kosten und Nutzen*

7. Mittelzuteilung 2004 bis 2007

Für die Zuteilung der Mittel auf die einzelnen Forschungsgebiete, wie sie im Kapitel 6 beschrieben sind, liegen die folgenden Annahmen zugrunde (wobei das Jahr 2001 die Basis bildet):

- Trotz der angespannten Finanzlage aller Förderstellen konnte der seit 1992 anhaltende Rückgang der Mittel gestoppt werden. **Um im Jahr 2007 den Stand von 213 Mio. Franken zu erreichen, ist somit ein Anstieg von rund 20 Prozent der heutigen öffentlichen Fördermittel vorzusehen.** Dies entspricht einem jährlichen Anstieg von 3 – 4%, der auch in der bundesrätlichen BFT-Botschaft 2004 – 2007 gefordert wird.
- Die Beiträge aus EU-Mitteln werden auch zukünftig mindestens den heutigen (noch vom BBW finanzierten) Umfang erreichen (d.h. mindestens 18 Mio. Franken pro Jahr).
- Die enge Zusammenarbeit zwischen den Förderungsorganen der öffentlichen 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 Prozent für orientierte Grundlagenforschung** als angemessen erachtet.
- Ebenfalls ein **Anteil von ca. 20 Prozent wird für die Förderung und für die begleitende Forschung von Pilot- und Demonstrationsprojekten** angestrebt.

Die Tabelle auf der nächsten Seite zeigt die Zielwerte für die Mittelzuteilung im Jahre 2007 (siehe dazu auch die Figur in der Zusammenfassung Seite 4). Diese Tabelle enthält auch Vorschläge für den Fall, dass Budgetkürzungen unumgänglich sein sollten, bzw. mehr Mittel bereitgestellt werden können. Es gilt – **bezüglich der Richtwerte 2007** –:

Für Budgetkürzungen:	Für Budgeterhöhungen:
→ Keine Senkung der geplanten Beiträge	↗ Mässige Zusatzfinanzierung
↘ Massvolle Herabsetzung der Planungswerte	→ 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.

Die Erhöhung der Mittel für Pilot- und Demonstrationsanlagen um 15 Mio. Franken in den nächsten 4 Jahren 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 (kantonalen) Fachhochschulen wird Energieforschung verstärkt ein Thema sein, und Arbeiten an Pilotanlagen passen gut in die Aktivitätsfelder von Fachhochschulen.

Es wird davon ausgegangen, dass die **bisherigen Geldgeber** für die Energieforschung ihre Unterstützung auch zukünftig weiterführen und den **Ausbau der Aktivitäten mittragen**. Verstärkte Unterstützung kann insbesondere erwartet werden vom BBT (KTI), das einen eigenen Förderbereich *Energie* geschaffen hat.

In den Aufwendungen des BFE sind auch die Mittel für **Ressortforschung** im engeren Sinn enthalten. Dies betrifft rund 5 Mio. Franken pro Jahr, die hälftig dem Gebiet *Energiewirtschaftliche Grundlagen* und der *Regulatorischen Sicherheitsforschung* zugeordnet sind.

FORSCHUNGSGEBIETE und ihre Unterteilung	MITTELZUTEILUNG				Anpassung der Mittel ¹⁾ bei genereller			
	2001, Mio.Fr. (Realwert 2001)		2007, Mio.Fr. (Realwert 2001)		Budget- reduktion		Budget- erhöhung	
	F+E	P+D	F+E	P+D	F+E	P+D	F+E	P+D
I RATIONELLE ENERGIENUTZUNG	40.5	14.2	53	22				
Gebäude	5.6	1.7	13	6	↘	↘	→	↗
Verkehr	3.2	6.0	4	5	→	→	→	↗
Elektrizitätsspeicherung und -transport (wovon für Batterien und Supercaps)	11.8 (6.1)	1.2 (1.2)	8 (6)	2 (1)	→	→	→	→
Elektrizitätsnutzung (Geräte)	2.7	0.4	4	1	→	→	↗	↗
Wärme-Kraft-Koppelung (wovon für Brennstoffzellen)	5.9 (5.6)	3.2 (2.3)	13 (10)	4 (3)	→	→	→	→
Verbrennung	9.4	1.7	8	3	↘	→	→	→
Prozesse (in Industrie, Gewerbe, Landw.)	2.0	—	3	1	↘	↘	→	→
II ERNEUERBARE ENERGIEN	38.5	13.9	59	22				
Sonnenergie	26.6	5.7	38	7				
Solarwärme (aktiv, passiv, Speicherung)	4.2	2.8	6	4	↘	↘	→	→
Photovoltaik (Solarzellen und Anlagen)	14.5	2.1	20	3	→	↘	↗	→
Solarchemie (inkl. Wasserstoff)	7.9	0.8	12	1	↘	→	→	→
Umgebungswärme (Wärmepumpen)	3.3	2.3	6	3	↘	↘	→	→
Biomasse (Holz, Abfälle, Klärschlamm)	3.0	3.7	10	3	→	→	↗	→
Geothermie	2.2	0.9	2	5	→	→	↗	↗
Wind	0.5	0.9	1	1	→	→	→	→
Wasser	2.8	0.3	2	2	→	↘	→	→
III KERNENERGIE	51	—	40	—				
Kernspaltung	26.9	—	18	—	↘		→	
Sicherheit (inkl. Regulatorische Forschung ²⁾)	18.3	—	13	—				
Radioaktive Abfälle	4.9	—	3	—				
Vorausschauende Forschung (neue Konzepte)	3.7	—	2	—				
Kernfusion³⁾	24.2	—	22	—	→		→	
Plasmaphysik, Heizmethoden	22.8	—	18	—				
Fusionstechnologie	0.3	—	1	—				
Nettobeiträge für internationale Einbindung	1.1	—	3	—				
IV ENERGIEWIRTSCHAFTLICHE GRUNDLAGEN	12.9	1.7	16	1				
Energiepolitik (Szenarien, Instrumente, Massnahmen)	2.7	—	3	—	→		→	
Ökonomie, Gesellschaft, Umwelt	8.7	—	11	—	↘		↗	
Technologie-Transfer	1.6	1.7	2	1	→	→	→	→
TOTALE	143.0	29.8	168	45				
	172.8		213					

Mittelzuteilung für die Energieforschung der öffentlichen Hand (Aufwand 2001 und Richtwerte für 2007) sowie Anpassung derselben bei eventueller Budgetänderung.

F+E Forschung und Entwicklung

P+D Pilot- und Demonstrationsprojekte

1) Bezüglich der Planungswerte für 2007

2) Aufwendungen 2001 für regulatorische Forschung: 7.5 Mio. Franken; Richtwert 2007: 6.5 Mio. Franken

3) Die Arbeiten im Fusionsbereich gehören zur Grundlagenforschung. In Anlehnung an die internationale Praxis werden sie jedoch zur Energieforschung gezählt.

Anhänge

A.1 Organisation der BFE-Bereiche und Verantwortliche

	BFE-Bereiche	Bereichsleiter	Programmleiter	
			F + E	P + D
I. Rationelle Energienutzung	Gebäude (inkl. Solararchitektur)	A. Eckmanns	M. Zimmermann	
	Verkehr	M. Pulfer	M. Pulfer	
	Batterien, Supercaps			
	Elektrizitätsspeicherung und -transport	F. Frey	R. Brüniger	
	Elektrizitätsnutzung (Geräte)			
	Wärme-Kraft-Kopplung (ohne Brennstoffzellen)	F. Rognon	T. Kopp	M. Ehrbar
	Verbrennung	A. Hintermann	A. Hintermann	
	Brennstoffzellen			
	Prozesse (in Industrie, Gewerbe, Landwirtschaft,..) inkl. Abwärme	M. Stettler	M. Stettler	
II. Erneuerbare Energien	Solarwärmespeicherung	U. Wolfer	J.-C. Hadorn	
	Solarwärme		J.-C. Hadorn	P. Renaud
	Photovoltaik		S. Nowak	
	Solarchemie inkl. Wasserstoff	A. Hintermann	A. Reller	
	Umgebungswärme (Wärmepumpen)	F. Rognon	T. Kopp	M. Ehrbar
	Biomasse (ohne Holz)	B. Guggisberg	B. Guggisberg	B. Guggisberg.
	Kleinwasserkraftwerke			vakant
	Holz	D. Binggeli	D. Binggeli	
	Geothermie	M. Geissmann	H. L. Gorhan	
	Wind		R. Horbaty	
III. Kernenergie	Kerntechnik und nukleare Sicherheit	C. de Reyff ¹⁰	K. Foskolos (ad interim)	—
	Regulatorische Sicherheitsforschung		S. Chakraborty	—
	Kernfusion		J.-F. Conscience	—
IV. Energie-wirtschaftliche Grundlagen	Energiepolitik	L. Gutzwiller	L. Gutzwiller	
	Ökonomie, Gesellschaft, Umwelt			
	Technologie-Transfer	A. Gut, C. de Reyff, G. Schriber		

¹⁰ Das BFE hat hauptsächlich die Rolle der Auskunftsstelle

Adressen der BFE-Bereichsleiter

Daniel Binggeli, Tel. 031 322 68 23

Andreas Eckmanns, Tel. 031 322 54 61

Felix Frey, Tel. 031 322 56 44

Markus Geissmann, Tel. 031 322 56 10

Bruno Guggisberg, Tel. 031 322 56 40

Andreas Gut, Tel. 031 322 53 24

Lukas Gutzwiller, Tel. 031 322 56 79

Alphons Hintermann, Tel. 031 322 56 54

Martin Pulfer, Tel. 031 322 49 06

Christophe de Reyff, Tel. 031 322 56 66

Fabrice Rognon, Tel. 031 322 47 56

Gerhard Schriber, Tel. 031 322 56 58

Martin Stettler, Tel. 031 322 55 53

Urs Wolfer, Tel. 031 322 56 39

Die folgende Adresse ist für alle Obengenannten gültig : **BFE, 3003 Bern**
Fax : 031 / 323 25 00 E-mail : **Vorname.Name@bfe.admin.ch**

Adressen der Programmleiter ausserhalb des BFE

Roland Brüniger

R. Brüniger AG, Zwillikerstr. 8, 8913 Ottenbach
Tel. 01 760 00 66 – Fax : 01 760 00 68
E-mail : roland.brueiniger@r-brueniger-ag.ch

Sabyasachy Chakraborty

HSK, 5232 Villigen – HSK
Tel. 056 310 39 36 – Fax : 056 310 39 95
E-mail : chakraborty@hsk.psi.ch

Jean-François Conscience

BBW, 3003 Bern
Tel. 031 322 96 80 – Fax : 031 322 78 54
E-mail : jean-francois.conscience@bbw.admin.ch

Max Ehrbar

Interstaatliche Hochschule für Technik
Werdenbergstrasse 4, 9471 Buchs
Tel. 081 755 33 96 – Fax : 081 756 54 34
E-mail : max.ehrbar@ntb.ch

Konstantin Foskolos

PSI, 5232 Villigen PSI
Tel. 056 310 26 92 – Fax : 056 310 44 11
E-mail : konstantin.foskolos@psi.ch

Harald L. Gorhan

Neudörfli 10, 5600 Lenzburg
Tel. und Fax : 062 891 83 68
E-mail : harald.gorhan@bluewin.ch

Jean-Christophe Hadorn

Base Consultants SA, 51, ch du Devin, 1012 Lausanne
Tel. 021 651 42 82 – Fax : 021 651 42 83
E-mail: jchadorn@baseconsultants.com

Robert Horbaty

ENCO, Postfach 235, 4435 Niederdorf
Tel. 061 965 99 00 – Fax : 061 965 99 01
E-mail : robert.horbaty@enco-gmbh.ch

Thomas Kopp

FH Ostschweiz, Oberseestr. 10, 8640 Rapperswil
Tel. 055 222 49 23 – Fax : 055 222 44 00
E-mail : thomas.kopp@hsr.ch

Stefan Nowak

Nowak Energie & Technologie AG
Waldweg 8, 1717 St.Ursen
Tel. 026 494 00 30 – Fax : 026 494 00 34
E-mail : stefan.nowak@netenergy.ch

Armin Reller

Universität Augsburg, Universitätsstr. 1
D - 86159 Augsburg
Tel. 0049 8215983000 – Fax : 0049 8215983002
E-mail : reller@physik.uni-augsburg.de

Pierre Renaud

PLANAIR SA, Crêt 108 A, 2314 La Sagne
Tel. 032 933 88 40 – Fax : 032 933 88 50
E-mail : pierre.renaud@planair.ch

Markus Zimmermann

EMPA-ZEN, 8600 Dübendorf
Tel. 01 823 41 78 – Fax : 01 823 40 09
E-mail : mark.zimmermann@empa.ch

A.2 Die Eidgenössische Energieforschungskommission CORE

Mitglieder	Vertreter von
Dr. Kaiser Tony, Präsident Alstom Power Technology Centre, Direktor	Grossindustrie
Prof. Dr. Favrat Daniel EPFL, directeur du Laboratoire d'énergétique industrielle	ETH, AGS
Prof. Dr. Imboden Dieter ETHZ, Professur Umweltp Physik	ETH, SATW, SNF
Jakob Ernst Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern, Vorsteher Abt. Energiewirtschaft	kantonale Energiefachstellen
Gerber Eva Hochschule für Gestaltung und Kunst, Leiterin Wissens- und Technologietransfer	Fachhochschulen, Soziologie
Regierungsrat Freitag Pankraz Baudirektion Kt. Glarus, Vorsteher	kantonale Energiedirektoren
Prof. Dr. Kunze Christian École d'Ingénieurs du Canton du Vaud, Directeur	Fachhochschulen, SNF
Dr. Leutenegger Hajo Wasserwerke Zug AG, Direktor	Energiewirtschaft (Wasser und Gas)
Prof. Dr. Lux-Steiner Martha Christina Hahn-Meitner-Institut, Bereichsleiterin Solarenergieforschung	Universitäten, internationale Beziehungen
Rohrbach Kurt BKW-FMB Energie AG, Direktionspräsident	Energiewirtschaft (Elektrizität), PSEL
Prof. Dr. Schlapbach Louis EMPA, Gesamtleiter	EMPA, KTI
Togni Giuseppina eTeam GmbH, Mitinhaberin	Ingenieurbüros, KMU
Prof. Dr. Wavre Nicolas Management Consultant	KMU, Fachhochschulen
Dr. Wüstenhagen Rolf HSG, Vizedirektor Institut für Wirtschaft und Ökologie	Universitäten, SAM Sustainable Asset Management
Dr. Zulliger Hans-Rudolf , (Präsident und CORE-Mitglied bis Ende 2003)	Industrie, KMU, SPG, AGS
Prof. Dr. Zweifel Peter Uni ZH, Sozialökonomisches Institut, Professur Ökonomie	Universitäten
Beobachter	Amt
Dr. Schriber Gerhard BFE, Sektionschef Programmentwicklung und Controlling	BFE
Dr. Kunz Ulrich BUWAL, Leiter Bereich Umweltforschung	BUWAL
Dr. Zinsli Paul-Erich BBW, stellvertretender Direktor	BBW
Sekretariat	Adresse
Dr. Gut Andreas BFE, Sektion Programmentwicklung und Controlling	☎ G: 031 322 53 24; FAX G: 031 323 25 00 E-mail: andreas.gut@bfe.admin.ch

A.3 Abkürzungsverzeichnis

AGS	Alliance for Global Sustainability
BBT	Bundesamt für Berufsbildung und Technologie
BBW	Bundesamt für Bildung und Wissenschaft
BFE	Bundesamt für Energie
BFT-Botschaft	Botschaft über die Förderung von Bildung, Forschung und Technologie
CO ₂	Kohlendioxid
COP	Coefficient of Performance (Leistungszahl)
CORE	Eidg. Energieforschungskommission
CRPP	Centre de Recherches en Physique des Plasmas, ETH-Lausanne
DEZA	Direktion für Entwicklung und Zusammenarbeit
EMPA	Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt, 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
HSG	Hochschule St. Gallen
IEA	Internationale Energie-Agentur
ITER	International Thermonuclear Experimental Reactor
KMU	kleine und mittlere Unternehmen
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
P+D	Pilot- und Demonstrationsprojekte
PSEL	Projekt- und Studienfonds der Elektrizitätswirtschaft
PSI	Paul Scherrer Institut
SATW	Schweiz. Akademie für Technische Wissenschaften
SNF	Schweiz. Nationalfonds
SPG	Sustainable Performance Group
UVEK	Eidg. Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation
WKK	Wärme-Kraft-Kopplung

Bundesamt für Energie BFE

Worbentalstrasse 32, CH-3063 Ittigen · Postadresse: CH-3003 Bern

Tel. 031 322 56 11 · Fax 031 323 25 00 · office@bfe.admin.ch · www.admin.ch/bfe