



**Bundesamt für Energiewirtschaft**

---

# **Konzept der Energieforschung des Bundes**

ausgearbeitet durch die

**Eidg. Energieforschungskommission CORE**

---

November 1987

# INHALTSVERZEICHNIS

	<u>Seite</u>
<b>ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>I</b>
<b>1. EINLEITUNG UND ZIELSETZUNG</b>	<b>1</b>
<b>2. BEGRIFFE, ABGRENZUNGEN</b>	<b>2</b>
2.1 Was bedeutet Energieforschung in diesem Konzept	2
2.2 Rechtlicher Rahmen	2
2.3 Bezug zur Energiepolitik	3
2.4 Bezug zur übrigen Forschung	4
2.5 Bezug zur Industrie	4
<b>3. KONZEPT DER ZUKÜNFTIGEN ENERGIEFORSCHUNG</b>	<b>5</b>
3.1 Die Ueberarbeitung 1987	5
3.2 Grundsätze der Energieforschung	5
3.3 Definition der Forschungs-Schwerpunkte	6
3.3.1 Rationelle Energienutzung	7
3.3.2 Fossile Energien	10
3.3.3 Kernspaltung	12
3.3.4 Erneuerbare Energien	15
3.3.5 Fusion	18
3.3.6 Unterstützende Techniken	21
3.4 Förderungsstufen	24
3.5 Mittelzuteilung	27
3.6 Umsetzung der Forschungsergebnisse	29
<b>ANHANG:</b>	
<b>A. STAND DER ENERGIEFORSCHUNG</b>	<b>A1</b>
1. Bundesinterne Organisation	A1
2. Forschungsausrichtung	A2
3. Finanzierungsstellen	A3
4. Forschungsstätten	A3
5. Die Schweiz im internationalen Vergleich	A4
<b>B. ZUSAMMENSETZUNG DER EIDG. ENERGIEFORSCHUNGS-</b> <b>KOMMISSION CORE</b>	 <b>Umschlag</b>

## ZUSAMMENFASSUNG

Die Eidg. Energieforschungskommission CORE hat ein neues Energieforschungskonzept erarbeitet und Leitlinien für die Jahre 1988 bis 1992 aufgestellt. Das Konzept ist eine Ueberarbeitung der bundesinternen Vorstellungen aus dem Jahr 1984. Es äussert sich thematisch in sechs Hauptbereichen zu den Schwerpunkten der Energieforschung des Bundes und legt dar, welche Mittel dafür vorzusehen sind. Das Konzept soll für den Einsatz neuer Energieforschungsmittel wegleitend sein, wobei davon ausgegangen wird, dass die Anstrengungen der bisherigen Träger der Forschung nicht nachlassen. Die finanziellen Zielvorstellungen für das Jahr 1992 sollen indikativ Gewichte setzen und keine Detailzuteilungen darstellen, welche erst aufgrund konkreter Projektvorschläge zu erfolgen haben; sie umfassen keine grösseren Pilot- und Demonstrationsvorhaben.

Die einzelnen Bereiche befinden sich heute auf einem sehr unterschiedlichen Forschungsstand und sind teils schon auf hochentwickelten Infrastrukturen aufgebaut. Bei der praktischen Realisierung des Konzepts ist daher vorzugsweise auf den Leistungen und Schwerpunkten bestehender Forschungszentren aufzubauen, um die Kontinuität und Kohärenz nicht zu gefährden und das wichtigste Potential der Energieforschung, gute und motivierte Forscher, zu erhalten.

Das Konzept gibt den sechs Hauptbereichen der Energieforschung folgendes Gewicht:

Die Erforschung **rationeller Energienutzung** ist massiv zu verstärken, da noch ein grosses ungenutztes technisches Potential vorhanden ist, welches mittelfristig unsere Erdölabhängigkeit stark reduzieren kann (siehe Seite 7).

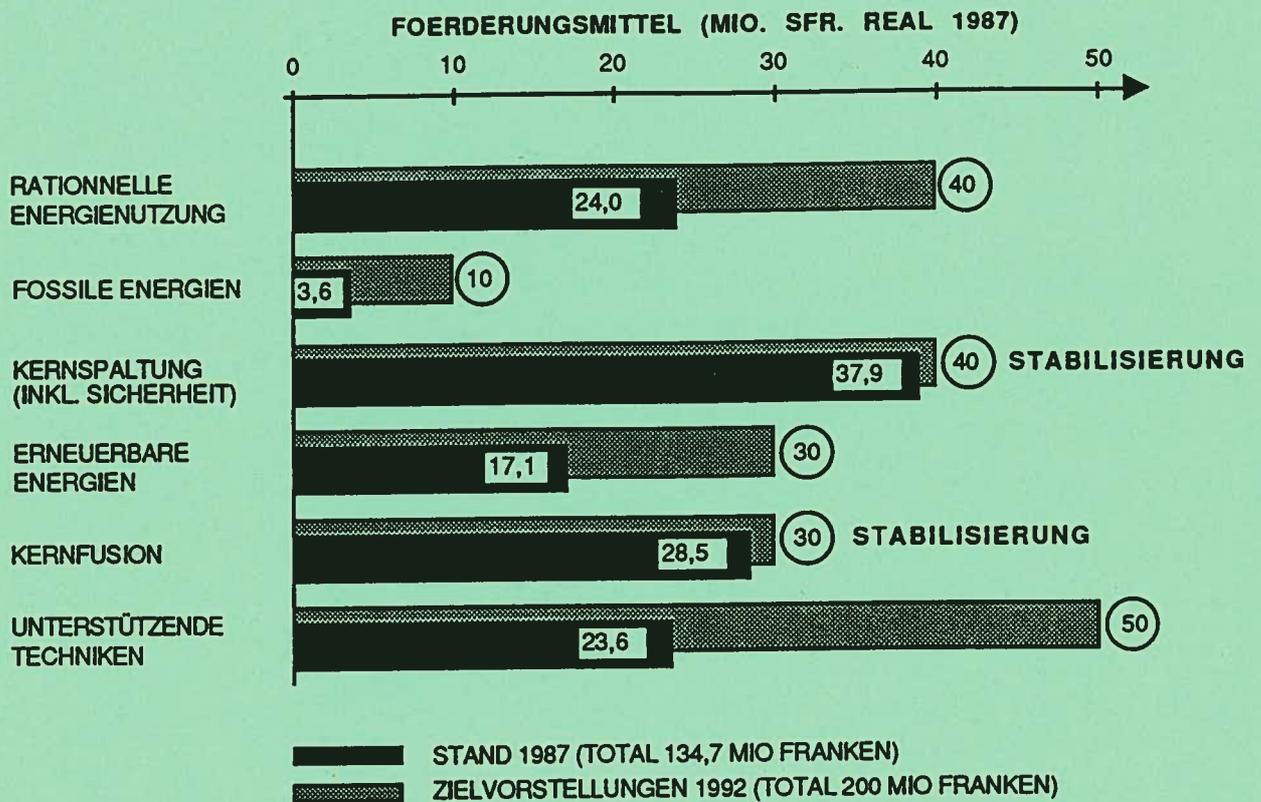
Die Nutzung **fossiler Energien** ist insbesondere in Richtung von Verbrennungsvorgängen, einem in der Schweiz wenig bearbeiteten Gebiet, und der Reduktion der Umweltbelastung verstärkt zu bearbeiten (siehe Seite 10).

Der Bereich **Kernspaltung** soll weiterhin stabilisiert bleiben, da zwar ein zunehmender Teil der Entwicklung von der Privatwirtschaft übernommen werden kann, die staatliche Verantwortung für die weitere sichere Nutzung der Kernenergie jedoch ein dauerndes Engagement des Bundes notwendig macht (Sicherheitsforschung) (Siehe Seite 12).

Der Bereich **erneuerbare Energien** soll erheblich verstärkt werden, wobei schwergewichtig die am meisten versprechenden Aspekte selektiv zu fördern sind (siehe Seite 15).

Die Anstrengungen in der Erforschung der **Kernfusion**, welche Bestandteil einer europäischen Zusammenarbeit bildet, sind auf der heute erreichten Höhe zu erhalten, da mit ihr eine grundlegende Option für das nächste Jahrhundert untersucht wird (siehe Seite 18).

Der Bereich **unterstützende Techniken** (Elektrizität, Speicherung, Energie-Umfeld, Systemfragen) soll, insbesondere im Hinblick auf längerfristige Aspekte und innovative Ideen, stark ausgebaut werden, da hier neue Impulse erwartet werden (siehe Seite 21).



**Figur 1:** Öffentliche Fördermittel für die Energieforschung 1987 und Zielvorstellungen 1992.

Zu den Mitteln der öffentlichen Hand werden gezählt die Beiträge des Bundes, der Kantone, der Gemeinden, der Stiftungen sowie des Nationalen Energieforschungsfonds NEFF.

Für die Teilgebiete innerhalb der sechs Forschungshauptbereiche sind drei Förderungsstufen vorgesehen:

- Stufe 1 massive zusätzliche Förderung,
- Stufe 2 massvolle zusätzliche Förderung,
- Stufe 3 kein Anstieg oder bei Bedarf eine Reduktion gegenüber dem heutigen Finanzaufwand.

Die CORE empfiehlt folgende Aufteilung auf diese Förderungsstufen:

**F Ö R D E R U N G S S T U F E 1**

(massive Förderung)

- Rationelle Energienutzung in Gebäuden
- Umgebungs- und Abwärmenutzung: Wärmepumpen, Wärmetauscher, Wärme-Kraft-Kopplung
- Fossile Energien: Verbrennungsvorgänge, emissionsarme und rationelle Verbrennungsmethoden, Schadstoffaspekte, Deponieprobleme, Materialprobleme
- Photovoltaik: Solarzellen und Anlagen
- Energiespeicherung in chemischen Energieträgern (inkl. Wasserstoffwirtschaft und Solarchemie)
- Neue, innovative Ideen in allen Energiebereichen (z.B. neue Supraleiter)

**F Ö R D E R U N G S S T U F E 2**

(massvolle Förderung)

- Rationelle Energienutzung im Verkehr
- Kernspaltung: Reaktor-Sicherheit
- Solarwärme: Aktive und passive Sonnenenergienutzung
- Elektrochemische Energiespeicher und -Wandler (inkl. Brennstoffzellen)
- Elektrizität: Erzeugung, Transport, Umwandlung, Verteilung
- Energie-Umfeld (Systemfragen, Studien)
- Umweltaspekte in allen Energiebereichen
- Materialprobleme in allen Energiebereichen

**F Ö R D E R U N G S S T U F E 3**

(kein Anstieg)

- Rationelle Energienutzung in Industrie und Gewerbe
- Saisonale Wärmespeicherung
- Kernspaltung (ohne Sicherheitsforschung)
- Windenergie
- Geothermie
- Biomasse (inkl. Holz)
- Kernfusion
- Elektromagnetische und mechanische Energiespeicherung

## 1. EINLEITUNG UND ZIELSETZUNG

Die Energieforschung hat zum Ziel, durch die Weiterentwicklung heutiger Energietechniken zu einer umweltschonenden und wirtschaftlichen Energienutzung und sicheren Energieversorgung beizutragen sowie längerfristige Optionen der Energieversorgung - auch unter veränderten Rahmenbedingungen - bereitzustellen. Die Energieforschung ist heute ein unbestrittener Grundpfeiler der Energiepolitik.

Traditionell bildete die Energieforschung im öffentlichen Bereich nur einen Teilaspekt der Hochschulforschung. Sie war somit stark von der Initiative und den Interessen einzelner Forscher abhängig. Eine Ausnahme bildet die Kernenergie, welche von Anfang an auch ein Anliegen des Bundes war. Mit der Neuorientierung der Energiepolitik nach den Erdölkrisen der siebziger Jahre erhielt die Energieforschung grosses Gewicht. Durch die Postulate der Eidg. Kommission für die Gesamtenergiekonzeption (GEK 1978) sind starke Impulse ausgelöst worden. Der Bundesrat hat in der Folge Anstrengungen unternommen, die Forschung insbesondere in den Bereichen Energiesparen und neue Energien zu verstärken. 1984 hat er ein erstes "Konzept der Energieforschung des Bundes" gutgeheissen und beschlossen, mehr Geldmittel für die nichtnukleare Energieforschung bereitzustellen. Für die Koordination und systematische Planung ernannte er eine beratende Kommission. Diese Kommission, die CORE - Commission fédérale pour la Recherche Energétique -, hat im Herbst 1986 ihre Arbeiten aufgenommen und als erste Hauptaufgabe das vorliegende neue Konzept entwickelt.

Das Konzept stellt Leitlinien für die Forschungsanstrengungen der nächsten Jahre auf dem Energiesektor auf. Es soll damit den Entscheidungsinstanzen des Bundes als Instrument für ihre Planung dienen. Andererseits soll es auch dokumentieren, wie und mit welchen Mitteln die öffentliche Hand der Schweiz ihre Energieversorgungsziele verfolgen soll.

Das vorliegende "Konzept der Energieforschung des Bundes" ersetzt dasjenige aus dem Jahr 1984. Es trägt dem neuen Stand der Forschung, und vermehrt auch Aspekten des Umweltschutzes und der Akzeptanz Rechnung. Es fasst grössere Bereiche der Energieforschung zusammen und setzt darin Schwerpunkte, ohne einzuschränken, dass auch aus grundlagennahen Projekten unerwartete neue Erkenntnisse resultieren können. Das Konzept erfüllt die Anforderungen, welche gemäss Forschungsgesetz an Mehrjahresprogramme gestellt werden. Es ist so aufgebaut, dass die vorgesehene periodische Anpassung im Sinne einer rollenden Planung möglich ist.

Der Einsatz der Energieforschungsmittel stützt sich heute oft auf Rechtsgrundlagen, welche nicht die Energie zum Hauptgegenstand haben (z.B. Ausgaben im Schulratsbereich im Zusammenhang mit Ausbildung, im Nationalfonds und bei den Kantonen verknüpft mit der Gesetzgebung für allgemeine Grundlagenforschung, in der Kommission zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung mit Zielsetzung praxisorientierter Forschungsprojekte zwischen Industrie und Hochschule). Das vorliegende Konzept baut deshalb darauf, dass die Förderungsinstanzen ihre Unterstützung der Energieforschung mindestens im bisherigen Rahmen weiterführen, und **beschreibt den zielgerichteten Einsatz ergänzender Mittel.**

## 2. BEGRIFFE, ABGRENZUNGEN

### 2.1 Was bedeutet Energieforschung in diesem Konzept?

Energieforschung umfasst im weitesten Sinne die Erarbeitung wissenschaftlicher, technischer, wirtschaftlicher und gesellschaftspolitischer Erkenntnisse, welche für die wirtschaftliche, umweltgerechte und sparsame Deckung des Energiebedarfs erforderlich sind. Zu ihr gehören die **Grundlagenforschung**, d.h. die Suche nach den fundamentalen, wissenschaftlichen Zusammenhängen, sofern ihre Zielsetzung Bereiche der Energie betrifft (energierelevante Grundlagenforschung), die **angewandte Forschung**, welche zur Lösung spezifischer praktischer Probleme die vorhandenen Wissenslücken gezielt schliessen soll, und die **Entwicklung**, welche verfügbare Erkenntnisse für die Schaffung marktreifer neuer Produkte und Verfahren auswertet. Grundlagenforschung zur Vermehrung der Erkenntnisse um ihrer selbst willen ist nicht Gegenstand dieses Berichts.

In diesem gebräuchlichen, wenn auch nicht klar abgrenzbaren Schema: Grundlagenforschung - angewandte Forschung - vorausschauende Entwicklung und Demonstration - Produktentwicklung, überdeckt die Energieforschung fast den gesamten Bereich. Die Forschungsgebiete, aus denen sich Anwendungen im Energiebereich ergeben, sind im wesentlichen bekannt. Diese können daher teils schon im Stadium der **Grundlagenforschung** erkannt und zielgerichtet in die **angewandte** Forschung übergeführt werden. Gleichzeitig kann sich auch die **Entwicklung** stark mit der Forschung überlappen. Ein Beispiel ist die Fusionsforschung, deren Endergebnis noch ungewiss ist, die aber nur dann eine Lösung finden kann, falls "Demonstrationsprojekte mit Grundlagencharakter" aufgebaut werden. Ein Gegenbeispiel ist die Photochemie, welche - bei voraussichtlich etwa gleichem Einsatzhorizont wie die Fusion - längerfristig fast reine Grundlagenforschung und geringeren notwendigen Aufwand für Entwicklung erfordert. In einem anderen Beispiel, der Entwicklung von Solarzellen, ist zwischen Weiterentwicklung und begleitender (Festkörper-) Grundlagenforschung eine enge Wechselwirkung notwendig.

Ein **Entscheid darüber, ob und in welchem Zeitraum die öffentliche Hand Forschungs-Projekte unterstützen soll**, bevor die marktorientierte Industrie allein eine Entwicklung durchführt, ist abhängig vom Gegenstand der Forschung und unter Beachtung des Risikos geringer oder zu langfristiger wirtschaftlicher Aussichten (return on investment) und der Gefahr eines Scheiterns des Projektes zu treffen.

Mit **Energieforschung** wird in diesem Bericht umfassend die **Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der Energie, einschliesslich der mit Pilot- und Demonstrationsvorhaben verbundenen Forschungsvorhaben**, bezeichnet. Ausgeschlossen bleiben die Baukosten für die Demonstrationsanlagen (siehe Abschnitt 2.3). Die CORE ist jedoch der Meinung, dass die fließende Grenze zwischen angewandter Forschung und Demonstration extensiv auszulegen ist. Solche Anlagen bilden ein wichtiges Glied bei der Ueberführung von Forschungsergebnissen in die Praxis.

### 2.2 Rechtlicher Rahmen

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

- Bundesgesetz über die Forschung (FG, vom 7. Oktober 1983)
- Atomgesetz (Art. 2).

Indirekt fördert er die Energieforschung durch seine Beiträge an den Nationalfonds (gestützt auf das FG), die Finanzierung der Eidg. Technischen Hochschulen und deren Annexanstalten (gestützt auf das ETH-Gesetz), die Projektunterstützung der Kommission zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung des EVD, KWF, (gestützt auf das Bundesgesetz über die Vorbereitung der Krisenbekämpfung und Arbeitsbeschaffung) und über seine landwirtschaftlichen Forschungsanstalten.

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

Die Förderung von Demonstrationsanlagen und Produkteentwicklung ausserhalb der eigenen Betriebe ist seitens des Bundes im jetzigen rechtlichen Rahmen nicht möglich. Mit dem zur Zeit in Diskussion befindlichen Energieartikel wird hier eine Ausweitung der Kompetenzen des Bundes angestrebt; die neuen gesetzlichen Grundlagen würden jedoch erst nach 1992 - dem Zeithorizont des vorliegenden Konzepts - wirksam.

In den meisten **Kantonen** fehlen gesetzliche Grundlagen für die direkte Förderung von Forschung und Entwicklung im Energiebereich sowohl auf Stufe Universität und Höhere Technische Lehranstalt, als auch privater Unternehmungen. Eine fallweise, direkte Unterstützung einzelner Projekte ist jedoch möglich.

### 2.3 Bezug zur Energiepolitik

Die Energieforschung hat sich grundsätzlich an der langfristigen Ausrichtung der Energiepolitik zu orientieren, d.h. sie hat zu den energiepolitischen Zielen einer **ausreichenden, wirtschaftlichen und umweltschonenden** Energieversorgung beizutragen.

- Zu einer **ausreichenden** Energieversorgung kann die Forschung durch die Erarbeitung von Techniken beitragen, welche die Schweiz vom Ausland (insbesondere von schnell wechselnden politischen und wirtschaftlichen Umständen) unabhängiger machen oder die Unabhängigkeit sichern. Diese Aufgabe ist allerdings wegen der weltweit begrenzten Ressourcen und der Grösse der zu lösenden Probleme in internationaler Zusammenarbeit und Arbeitsteilung anzugehen.
- Die Forderung der **Wirtschaftlichkeit** gibt den heute noch unwirtschaftlichen, jedoch gesamtwirtschaftlich erwünschten und in der Anwendung vielversprechenden Energietechniken verstärktes Gewicht. Insbesondere sollten Techniken in Anwendungsnähe gefördert werden, deren Einfluss auf die Energiewirtschaft und die damit verbundenen Probleme abgeschätzt werden kann.
- Eine **umweltschonende** Energieversorgung stellt heute und auch im Hinblick auf die Bedürfnisse der Nachwelt, dringende Fragen in den Bereichen der Sicherheit, des Umweltschutzes und der schwindenden Ressourcen, deren wissenschaftliche Abklärung unbedingt notwendig ist.
- Die CORE sieht - entsprechend ihrem Mandat - davon ab, politische Aeusserungen zu machen. Sie ist aber der Meinung, dass die Energieforschung ein wichtiges Element in der Energiepolitik ist.

## 2.4 Bezug zur übrigen Forschung

Von der Energieforschung sind nur dann wirkliche Neuerungen zu erwarten, wenn sie - in engem Kontakt mit der allgemeinen Forschung - ihre Unabhängigkeit und Qualitätsmassstäbe beibehält. Besonders die mittel- und langfristige Forschung muss daher eine weitgehende politische Unabhängigkeit bewahren. Ein ausgewogenes Verhältnis zwischen allgemeiner Forschung und Energieforschung ist jedoch unumgänglich:

- Verschiedenste Gebiete der Hochschulforschung können für die Energieforschung wichtige Grundlagen liefern. Neben den hauptbeteiligten Ingenieurwissenschaften und der Physik seien hier auch die Chemie, die Biologie sowie im weiteren Sinne auch die Systemanalyse und Informatik erwähnt.
- Grössere Institute, sowohl der Grundlagenforschung wie der angewandten Forschung, haben die Möglichkeit, durch ihre Kenntnisse und Apparaturen parallel energetische Probleme zu behandeln (z.B. die Entwicklung supra-leitender Magnete für die Fusion am SIN).
- Die (insbesondere personell) beschränkten Mittel der Schweiz bringen es oft mit sich, dass sich die gleichen Personen und Institutionen mit Energie- und anderer Forschung befassen.
- Forschung und Entwicklung im Energiebereich können Anstösse für andere Forschungsbereiche oder auch wirtschaftlich auswertbare Produkte ausserhalb des Energiebereichs ergeben. Es ist eine kontinuierliche wechselseitige Beeinflussung anzustreben.
- Die Einbettung der Energieforschung in die allgemeine Forschung erlaubt auch die Anpassung an sich ändernde gesellschaftliche Prioritäten, welche ausserhalb dieses Forschungsbereiches gesetzt werden (z.B. Risikostudien, Umwelt und Sozioökonomie).

## 2.5 Bezug zur Industrie

Die Energieforschung ist eine gemeinsame Aufgabe der öffentlichen Hand und der Privatwirtschaft.

Je näher die Forschung der Entwicklung industrieller Produkte und Anwendungen ist, desto bedeutender ist die Rolle des privaten Sektors, je weiter sie davon entfernt ist, desto wichtiger die Rolle der öffentlichen Hand.

Die Projekte der Energieforschung privater und halbprivater Kreise können durch den Bund unterstützt werden, sofern sie im öffentlichen Interesse liegen, eine anerkannte Qualität aufweisen und, nach dem oben ausgesprochenen Grundsatz, die Privatwirtschaft einen angemessenen Anteil der Ausgaben übernimmt.

In der vorliegenden Gesamtplanung sind die Tätigkeiten der Privatwirtschaft - soweit sie der CORE bekannt sind - mitberücksichtigt worden. **Die vorgeschlagenen Aufwendungen beziehen sich aber nur auf Mittel der öffentlichen Hand und von Organen der Forschungsförderung.**

### 3. KONZEPT DER ZUKUNFTIGEN ENERGIEFORSCHUNG

---

#### 3.1 Die Uebersarbeitung 1987

Folgende in den letzten Jahren eingetretenen Aenderungen haben es als notwendig erscheinen lassen, das 'Konzept der Energieforschung des Bundes' vom April 1984 zu überarbeiten:

- Der Bundesrat hat im Sommer 1984 neue Mittel für die Energieforschung bereitgestellt und im Bundesamt für Energiewirtschaft die Sektion Energieforschung als 'Koordinationsstelle' geschaffen.
- 1986 setzte der Bundesrat als beratendes Organ die Eidg. Energieforschungskommission CORE ein. Die Zusammensetzung dieser Kommission ermöglicht es, insbesondere auch Gesichtspunkte der Privatwirtschaft in das Konzept zu integrieren.
- Die öffentlichen Mittel im Sektor Energieforschung sind im Frühjahr 1987 in einer Umfrage neu erfasst worden. Es zeigt sich, dass der heutige Zustand teilweise nicht mehr in Uebereinstimmung mit der Entwicklungsvorschau des Konzepts von 1984 steht.
- Die mit dem Energieumsatz zusammenhängende Verschlechterung des Zustandes der Biosphäre erhöht den Druck zur Entwicklung von umweltfreundlichen Prozessen und Technologien. Das neue Konzept trägt diesem Aspekt besonders Rechnung.

#### 3.2 Grundsätze der Energieforschung

Unter Berücksichtigung der Rahmenbedingungen (Kapitel 2) und des heutigen Standes der Energieforschung (Anhang A) sowie neuer Aspekte (Abschnitt 3.1) hat die CORE die Grundsätze, wie sie im Konzept von 1984 formuliert worden sind, überprüft. Sie behalten - von einigen Anpassungen abgesehen - im wesentlichen ihre Gültigkeit:

1. Die schweizerische Energieforschung **orientiert sich** in ihren Zielen am **nationalen Energiebedarf** unter Einbezug der erwarteten **wirtschaftlichen Entwicklung** sowie auch an den Bedürfnissen der **Exportindustrie**. Dabei sind sowohl kurzfristige wie auch langfristige Ziele, für welche teilweise noch Grundlagenforschung notwendig ist, zu berücksichtigen.
2. Anzustreben ist eine **qualitativ hochstehende und gut koordinierte Forschung**. Sie ist Voraussetzung für eine hochstehende Ausbildung; zudem vermittelt die Arbeit an der vordersten Wissensfront entscheidende Antriebe für die weitere Forschung und spornt zu Spitzenleistungen an.
3. Durch **internationale Zusammenarbeit** ist die Effizienz der durch die Schweiz eingesetzten Forschungsmittel zu verstärken. Die Voraussetzungen für eine erfolgreiche Zusammenarbeit sind eine aktive Teilnahme und anerkannte, hochqualitative Beiträge der Schweiz. Solche **Möglichkeiten** der Zusammenarbeit, besonders im Rahmen der OECD (IEA, NEA), UNO (IAEO), COST, EUREKA und EURATOM, sind **optimal auszunützen**.

4. Ein **Grossteil der Mittel** für die Energieforschung wird heute durch die **Privatindustrie** aufgebracht. Ein gezielter Einsatz von Bundesmitteln zur Ergänzung der privaten Forschung und Entwicklung im Sinne der energiepolitischen Vorstellungen des Bundes, vor allem in Gebieten mit langfristiger Zielsetzung oder grossem Risiko, ist notwendig.
5. Energieforschung darf sich **nicht nur auf eine Option** begrenzen. Die Ziele sollten auf mehreren möglichen Wegen verfolgt werden, um Fehlschläge und Verzögerungen aufzufangen.
6. Im Interesse eines rationellen Mitteleinsatzes und um Zeit zu gewinnen sollten sowohl die bisherigen als auch neue Tätigkeiten in der Energieforschung in **bestehenden Institutionen** aus- resp. aufgebaut werden, soweit die Voraussetzungen dazu gegeben sind.
7. In prioritären Gebieten ist die Bildung von **personell genügend dotierten Forschungsgruppen** zu fördern. Die Kontinuität kann so gewahrt und das Know-how erhalten werden.
8. Die Forschung auf dem Gebiet der **Kernspaltung** ist unerlässlich zur Ausbildung und Erhaltung einer genügenden Zahl unabhängiger Spezialisten. Diese werden auch für die Aufsichts- und Kontrollaufgabe des Bundes benötigt.
9. Die Anstrengungen im Gebiet der **Kernfusion** sind stark in internationale Programme integriert; die damit eingegangenen Verpflichtungen gilt es zu respektieren.
10. Die Zeiträume, in denen sich typischerweise eine neue Energietechnologie von der Grundlagenforschung bis zur technischen Reife und einem nichtvernachlässigbaren Marktanteil entwickelt, sind von der Grössenordnung dreissig bis fünfzig Jahre. Die Energieforschungsplanung muss diese langen Einführungszeiten im Auge behalten und dennoch flexibel genug sein, um kurzfristig neue, erfolgversprechende Techniken weiterzuverfolgen. Diese Flexibilität kann dadurch gewährleistet werden, dass das Energieforschungskonzept periodisch überarbeitet und aktualisiert wird.
11. Zur Verwirklichung der Ziele der Energiepolitik hat die öffentliche Energieforschung auch ihre Verantwortung wahrzunehmen in den Bereichen:
  - Ausbildung von wissenschaftlichen und technischem Personal
  - Information der Öffentlichkeit
  - Transfer von Forschungsergebnissen der Hochschulen in die Industrie und in die Praxis.

### 3.3 Definition der Forschungs-Schwerpunkte

Ausgehend von den obgenannten Grundsätzen der Energieforschung hat die CORE die einzelnen Forschungsgebiete beurteilt und eine Empfehlung für die zukünftigen Schwerpunkte erarbeitet. Sehr oft waren dabei unterschiedliche oder widersprüchliche Gesichtspunkte zu berücksichtigen. Die Überlegungen, welche den Empfehlungen zugrunde liegen, sind in den folgenden Abschnitten 3.3.1 bis 3.3.6 zusammengestellt. Die Detailplanung in den einzelnen Forschungsgebieten sollte darauf aufgebaut werden. Als Zeithorizont ist 1992 ins Auge gefasst worden; spätestens dann wird eine Überarbeitung und Anpassung des Konzepts an die künftigen Verhältnisse nötig sein.

### 3.3.1 RATIONELLE ENERGIENUTZUNG

#### Bedeutung für die schweizerische Energieversorgung

Eine massive Reduktion des Verbrauchs fossiler Energieträger durch Anwendung von rationelleren Energienutzungsmethoden ist technisch möglich. Als Demonstration von erreichbaren Fortschritten sind Häuser mit Energiekennzahlen von unter 20% des schweizerischen Durchschnitts und Klein-Elektrofahrzeuge, die im Nahverkehr nur einen Bruchteil der Antriebsenergie des durchschnittlichen heutigen Autos benötigen, realisiert worden.

Drei Viertel des Endenergiebedarfs der Schweiz werden heute mit fossilen Energieträgern gedeckt. Eine wesentliche Reduktion sollte daher angestrebt werden. Wegen des grossen Anteils der Raumwärme, welche durch Systeme mit relativ geringer Vollaststundenzahl zu erzeugen ist, kann man davon ausgehen, dass die rationelle Energienutzung im allgemeinen wirtschaftlicher ist als die Erstellung kapitalintensiver Produktionsanlagen.

Die rationelle Energienutzung ist im Folgenden in vier Gebiete unterteilt: **Industrie, Gebäude, Verkehr und Wärmenutzungssysteme** (Wärmepumpen, Abwärme, Wärmespeicher (inkl. Saisonspeicher), Blockheizkraftwerke).

#### Technologische Aspekte

- Im **Industriebereich** sind die Techniken zur energieärmeren Auslegung von Prozessen im allgemeinen gut bekannt. Verbesserungen sind zu erwarten bei der möglichen (energetischen) Wiederverwertung von Abfällen sowie der optimalen Abwärmenutzung.
- Im **Gebäudebereich** erfordern die Erfassung der interdisziplinären Vernetzung der einzelnen Technikbereiche der Wärmebewirtschaftung sowie die oft komplexen Randbedingungen noch viel Forschungsarbeit. Neue Materialien und neue Bauelemente bringen Wirkungsgradverbesserungen in der Haustechnik und neue Konstruktionen für die Gebäudehülle. Das Nachholpotential in diesem Bereich ist gross, da auch seitens der Industrie hier noch nicht genug Forschung betrieben wurde.
- Im **Verkehrsbereich** sind wegen dem schlechten Wirkungsgrad von Verbrennungsmotoren (ca. 20%) potentiell grosse Verbesserungen möglich. Die Schweizer Industrie beschäftigt sich daher mit der Entwicklung von Kleinst-Elektromobilen für den Nahverkehr.
- Im Bereich der **Wärmenutzungssysteme** ist das Verbesserungspotential teilweise ebenfalls bedeutend. Da Wärmepumpen die Möglichkeit bieten, verfügbare Energiequellen besser auszunutzen, werden sie in Zukunft mehr Bedeutung erhalten.

#### Wirtschaftliche Aspekte

- Im **Industriebereich** ist der Verbrauch fossiler Energieträger mit dem Preisanstieg zurückgegangen. Wirtschaftliche Mechanismen scheinen hier funktioniert zu haben. Da viele Industriezweige aber sehr kurzfristig planen, sind noch grosse wirtschaftliche Reduktionspotentiale nicht ausgenutzt (z.B. Abwärmenutzung). Die Entwicklung und Realisierung dieser Potentiale ist in erster Linie Sache der Industrie.

- Im **Gebäudebereich** sind, teils durch die Einführung von Wärmedämmvorschriften und durch schärfere SIA-Normen, die Energiekennzahlen neuer Gebäude wesentlich gesunken. Ein grosser Teil der Gebäude hat einen zu hohen Wärmeverbrauch, u.a. weil gegenläufige Interessen von Erbauer, Vermieter und Mieter wirtschaftliche Grundsätze nicht zur Anwendung kommen lassen oder mangels Anwendung integraler Konzepte. Tätigkeiten im Zusammenhang mit der rationellen Energienutzung in Gebäuden tragen über 10% zur inländischen Wertschöpfung bei. Zudem ist für Haustechnik-Geräte ein beträchtlicher Exportmarkt vorhanden.
- Obwohl der durchschnittliche Energieverbrauch der **Fahrzeuge** mit den höheren Treibstoffkosten sank, erhöhte sich der Gesamtverbrauch, da u.a. infolge des besseren Angebots an Strassen und günstiger Fahrzeugbetriebskosten mehr Fahrzeuge grössere Strecken zurücklegen. Falls eine schweizerische Produktion von Elektrofahrzeugen abgesetzt werden könnte, liesse sich ein Teil der Wertschöpfung im Verkehrsbereich vom Ausland in die Schweiz verlagern.
- Das wirtschaftliche Interesse im Bereich **Wärmenutzungssysteme** ist gross, da die Schweizer Industrie auf diesem Gebiet eine starke Stellung besitzt.

### Umweltkriterien

Die Reduktion des Energiebedarfs durch rationelle Nutzung ist eine umweltschonende Massnahme, da der in den Bauteilen zur rationellen Nutzung enthaltene Energieaufwand verglichen mit der eingesparten Energiemenge in der Regel vernachlässigbar ist und damit die Energieproduktion mit ihren Umweltbelastungen reduziert werden kann.

### Künftige Forschungsaktivitäten

- Im **Industriebereich** sind auf spezielle Anwendungen ausgerichtete Entwicklungen nötig, die im allgemeinen Aufgabe der Industrie sind. Eine Weiterführung der reaktiven Forschungsförderung mit Einzelprojekten im bisherigen Rahmen ist gerechtfertigt.
- Im **Gebäudebereich** ist die Setzung von Schwerpunkten öffentlich unterstützter Forschung sinnvoll. Mögliche Schwerpunkte sind thermisch hochwertig isolierte Fenster und Wände, sowohl für Neu- wie für Altbauten, transparente Isolationen/Fassadenkollektoren sowie optimierte Lüftungssysteme und elektrische Hilfsaggregate. Systemüberlegungen sollten die Entwicklungen von Niedrig-Heizenergie-Häusern ermöglichen, wobei dem Verbrauch an Elektrizität als Hilfsenergie vermehrte Aufmerksamkeit zu schenken ist.
- Im **Verkehrsbereich** sollten die sich stellenden Probleme durch ein aktives Forschungsprogramm angegangen werden. Hier bieten sich als Schwerpunkt die Klein-Elektromobile an, wobei aber die Entwicklung der Fahrzeuge selbst Aufgabe der Industrie sein soll. Die öffentliche Forschung kann die Rahmenbedingungen für diese Fahrzeuge verbessern (Sicherheit, Aspekte der Speicherung, der Optimierung der Antriebselektronik). Alle diesbezüglichen Aktivitäten sind zu koordinieren mit dem Gesamtverkehrskonzept.

- Im Bereich der **Wärmenutzungssysteme** bilden die Verbesserung von Wärmepumpensystemen und Wärme-Kraft-Kopplungssystemen, zusammen mit Abwärmekonzepten im städtischen Bereich die Schwerpunkte.

### Finanzieller Aufwand

Die wachsende Bedeutung, welche die öffentliche Hand der rationellen Energienutzung beimisst, zeigt sich in den diesbezüglichen Forschungsaufwendungen: sie betragen 1977 9,6% (5,2 Mio Fr.) des gesamten Forschungsaufwands, heute 17,8% (24,0 Mio Fr.). Eine weitere Mittelerhöhung auf ca. 40 Mio Fr./Jahr ist angezeigt.

Forschungsgebiet	Stand 1987	Richtwerte für 1992
Industrie und Gewerbe	9,1%	ca. 5%
Gebäude	45,8%	ca. 55%
Verkehr	12,8%	ca. 15%
Wärmenutzung	32,3%	ca. 25%
	100%=24,0Mio Fr.	100% = 40Mio Fr. real 1987

### 3.3.2 FOSSILE ENERGIEN

Die Energieträger Erdöl, Erdgas und Kohle werden als tragende Säulen der weltweiten Energieversorgung noch für längere Zeit eine bedeutsame Rolle spielen.

#### Bedeutung für die schweizerische Energieversorgung

Die fossilen Energieträger decken rund drei Viertel des schweizerischen Endenergieverbrauchs; durch Diversifikation der Bezugsquellen und Lagerhaltung können die Versorgungsrisiken wesentlich reduziert werden. Die Schweiz verfügt über keine eigenen fossilen Energievorkommen von Bedeutung; es wird jedoch systematisch nach solchen Vorkommen gesucht. Aus Umwelt- und Preisgründen ist es schwer vorstellbar, dass die Nutzung von Kohle in der Schweiz zukünftig eine bedeutendere Rolle als heute spielen wird. Wichtig dürften jedoch die Erdölprodukte und in zunehmendem Masse auch das Erdgas bleiben.

#### Technologische Aspekte

Die entscheidende Rolle bei der wirksameren und umweltfreundlicheren Verwendung von fossilen Energieträgern spielen die Verbrennungsprozesse und die Behandlung der Rückstände (inkl. Deponieprobleme). Das in der Schweiz diesbezüglich vorhandene Forschungspotential muss jedoch noch ausgebaut werden. Zudem ist eine verstärkte internationale Zusammenarbeit notwendig.

Vordringlich sind folgende technologische Probleme:

- Verbesserung der Gesamtsysteme (Wirkungsgrad und Umweltbelastung) bei der Öl- und Gasheizung sowie den Wärme-Kraft-Koppelungsanlagen
- "Low-NO<sub>x</sub>-Brenner" für Erdöl und Erdgas
- Umweltfreundlichere Treib- und Brennstoffe (z.B. Wasserstoffbeimischung)
- Wirbelschichtfeuerungsanlagen für Kohle, Schweröl, Holz und Abfälle
- Verfahren zur Nutzung umgewandelter (z.B. verflüssigter oder vergaster) Kohle.

Interessante Perspektiven könnten auch im Bereich von Nutzfahrzeugen (Fahrzeugmotoren mit höherem Wirkungsgrad und geringerer Umweltbelastung, inklusive Katalysatortechnik) vorhanden sein.

#### Wirtschaftliche Aspekte

Die Wirtschaftlichkeit der fossilen Energieträger Erdöl und Erdgas wird voraussichtlich auch bei grösseren Aufwendungen für den Umweltschutz weiterhin gegeben sein. Zudem weisen fossile Energieträger ein gutes Kosten/Nutzenverhältnis zwischen eingesetzten Forschungsmitteln und resultierenden Neuerungen, insbesondere im Bereich Umweltschutz, auf. Von solchen Innovationen gehen wichtige wirtschaftliche Impulse aus, von denen unsere Industrie auch im Export Vorteile ziehen kann.

### Umweltkriterien

Trotz Fortschritten bei der Elimination des SO<sub>2</sub> und ersten Anzeichen einer Verbesserung der Situation beim NO<sub>x</sub> bei der Verbrennung fossiler Energieträger, bleibt eine ganze Reihe von gewichtigen Problemen zu lösen, für die auch auf Seiten der Energieforschung bisher noch keine Lösungsmöglichkeiten angeboten werden können. Wichtigste Probleme bilden global die Erhöhung der CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre (Treibhauseffekt) und lokal die Entsorgungs- und Deponiefragen.

### Künftige Forschungsaktivitäten

Der grundlegenden Erforschung von Verbrennungsvorgängen und insbesondere der Entwicklung sauberer Verbrennungsmethoden mit erhöhten Wirkungsgraden sowie der Lösung der Deponieprobleme kommen erste Priorität zu, gilt es doch vor allem auf dem Gebiet des Umweltschutzes rasch Resultate zu erzielen. Dazu gehört auch die Lösung von komponentenbezogenen Materialproblemen (u.a. auch Katalysatoren) für diverse Anwendungen. In zweiter Priorität ist die Entwicklung umweltfreundlicherer Brenn- und Treibstoffe zu behandeln; ihr kommt vor allem mittel- und längerfristig vermehrte Bedeutung zu.

### Finanzieller Aufwand

Im Jahre 1987 betrug der Forschungsaufwand im Bereich der öffentlichen Hand bei den fossilen Energieträgern inkl. ihrer Anwendung 3,6 Mio Franken. Gesamthaft sind die Anstrengungen signifikant zu verstärken. Ihr Ausbau kann jedoch nur schrittweise, im Gleichschritt mit dem Aufbau der entsprechenden Forschungskapazitäten, erfolgen. Die Forschung muss in enger Zusammenarbeit zwischen den Hochschulen und der Industrie durchgeführt werden. Dazu muss auch die Frage des Forschungs- und Technologietransfers, vor allem an kleinere Firmen, gründlich studiert werden.

Forschungsgebiet	Stand 1987	Richtwerte für 1992	
Verbrennungsvorgänge	38%	} ca. 60%	
Emissionsarme und rationellere Verbrennungs- und Umwandlungsmethoden	31%		
Schadstoffaspekte, Brenn- und Treibstoffe, Deponieprobleme	23%		ca. 25%
Materialprobleme	8%		ca. 15%
	100%= 3,6Mio Fr.	100% = 10Mio Fr. real 1987	

Bemerkung: Die Prospektion wird nicht zur Energieforschung gerechnet.

### 3.3.3 KERNSPALTUNG

Weltweit betrachtet hat sich auch nach Tschernobyl an den Gründen für die Nutzung der Kernenergie nichts geändert: Kurz- und mittelfristig sind keine realistischen Alternativen vorhanden, die rasch wachsende Weltbevölkerung umweltschonender, ökonomischer und bei gleichbleibendem Lebensstandard mit Elektrizität zu versorgen.

Die heute über 400 in Betrieb stehenden Kernkraftwerke sind mehrheitlich vom Leichtwasserreakortyp. In westeuropäischen Ländern hat der Kernenergieanteil an der Stromversorgung hohe Raten erreicht, wie beispielsweise in Frankreich 70%, in Belgien 66%, in Schweden 50%, in der Schweiz 38% und in Deutschland 30%.

#### Bedeutung für die schweizerische Energieversorgung

Die Kernenergie bildet aufgrund ihrer Umweltverträglichkeit und Wirtschaftlichkeit einen wichtigen Pfeiler unserer Elektrizitätsversorgung. Künftig könnte die Kernenergie fossile Brennstoffe (vor allem Öl) teilweise substituieren, falls es gelänge, mit Heizreaktoren in den Wärmemarkt einzudringen. Sie würde damit beitragen, die Ressourcen fossiler Brennstoffe zu schonen und dabei auch mithelfen, die SO<sub>2</sub>-, NO<sub>x</sub>- und CO<sub>2</sub>-Probleme zu entschärfen. Wegen seiner hohen Energiedichte ist Uran für die Schweiz ein krisensicherer, leichter lagerbarer Energielieferant als grosse Mengen importierter fossiler Energieträger (z.B. Öl oder Gas).

Bei den umfangreichen Uranprospektionsarbeiten in den Schweizer Alpen während der letzten beiden Jahrzehnte fand man nur nichtabbauwürdige Uranvorkommen. Weitere Prospektionsarbeiten wären höchstens im Falle einer unzureichenden Bedarfsdeckung aus dem Ausland in Betracht zu ziehen.

#### Wirtschaftliche Aspekte

Die derzeit noch billig abbaubaren Uranressourcen erlauben eine wirtschaftliche Kernenergienutzung, welche aber mit der heutigen Technologie nur wenige Dekaden andauern wird. Sicherheitsaspekte haben einen wachsenden Einfluss auch auf die Wirtschaftlichkeit von Kernkraftwerken. Längerfristig muss im internationalen Rahmen eine umfassende Entwicklungsstrategie von inhärent sicheren Reaktorsystemen mit neuen Brennstoffen ins Auge gefasst werden.

Nicht zu vergessen sind die bis anhin angefallenen und weiter noch zu erwartenden Spin-offs der Kernenergieforschung in den Bereichen Sicherheit von Systemen, Qualitätssicherung, Umweltschutz, Bauwesen, Maschinenbau, chemische Verfahren sowie geotechnische Untersuchungsmethoden.

#### Umweltkriterien

Solange Kernkraftwerke anstelle von fossilen Kraftwerken die für die Wirtschaft notwendige Elektrizität erzeugen, helfen sie mit zur Minderung der SO<sub>2</sub>-, NO<sub>x</sub>- und CO<sub>2</sub>-Probleme. Dem gegenüber stehen die Probleme der sicheren langfristigen Entsorgung der radioaktiven Abfälle und die Sicherheits-

massnahmen von Kernkraftwerken. Da diesen Problemen mit grossem finanziellen Aufwand Beachtung geschenkt wird und konkrete Lösungsvorschläge vorliegen, können die Kernanlagen - im Gegensatz zu vielen anderen Industrieanlagen - als umweltfreundlich angesehen werden. Eine noch intensivere internationale Zusammenarbeit und Informationsverbreitung auf dem Gebiet der Reaktorsicherheit ist jedoch anzustreben.

### Technologische Aspekte und künftige Forschungsaktivitäten

Da man davon ausgehen kann, dass die Kernenergie auch in Zukunft wesentlich zur Energieversorgung unseres Landes beiträgt, ist eine schweizerische Kernenergieforschung notwendig, dies insbesondere auch im Hinblick auf die Ausbildung von Kernenergiefachleuten für die Energiewirtschaft und die Behörden. Die heutigen Forschungsaktivitäten in der Schweiz decken praktisch den ganzen Bereich der Kernenergie-technik ab. Sie lassen sich in sieben Bereiche gruppieren:

- Leichtwasserreaktor Sicherheit
- Fortgeschrittener Druckwasserreaktor
- Hochtemperaturreaktor
- Fortgeschrittene Brutreaktoren
- Heizreaktor
- Kernbrennstoffe
- Radioaktive Abfälle

Um den energie- und forschungspolitischen Zielsetzungen unseres Landes zu genügen, ist es nicht notwendig, in dieser Breite aktiv zu sein. Es reicht, auf ausgewählten Gebieten - und eingebettet in internationale Arbeiten - an der Spitze der Forschung mitzuhalten. In diesem Sinne soll das bisherige Programm gestrafft werden, wobei auch Aufgaben, die bisher die öffentliche Hand wahrgenommen hat, an die Privatwirtschaft übertragen werden sollten. Folgende Schwerpunkte sind zu setzen:

#### - Leichtwasserreaktor-Sicherheit:

Es ist eine ständige Anpassung der bestehenden KKW an neueste Erkenntnisse nötig. Da aber in der Schweiz nicht das ganze Spektrum der Sicherheitsforschung betrieben werden kann, muss man sich auf einige ausgewählte Teilgebiete beschränken, um sich so den Zugang zu den umfassenderen, internationalen Forschungsergebnissen zu schaffen. Die Anstrengungen sind aber noch zu verstärken.

#### - Hochtemperatur-Reaktor:

Die Beiträge zur Entwicklung dieses neuen, äusserst sicheren Reaktortyps sollen weiterhin in enger Zusammenarbeit mit der Industrie erfolgen. Sie sind Teil eines internationalen Grossprojekts, das die Schweiz nicht im Alleingang durchführen könnte.

#### - Heizreaktoren:

Eigenständige Entwicklung eines Heizreaktors kleiner Leistung, dessen Sicherheit weitgehend durch inhärente Eigenschaften und passive Elemente gewährleistet ist. Der Einsatz öffentlicher Mittel reduziert sich, je näher ein solcher Reaktor der kommerziellen Nutzung ist.

- Radioaktive Abfälle:

Sichere Endlagerung - auch für radioaktive Stoffe aus dem Nichtenergiebereich - erfordert weitere Forschungsarbeiten, insbesondere in den Bereichen des Langzeitverhaltens von technischen Barrieren und des Transportverhaltens von Radionukliden.

- Vorausschauende Forschung:

Im Bereich der Kernenergie ist das Entwicklungspotential noch nicht ausgeschöpft. Frei gewählte Forschung soll sich hier entfalten können, wobei Originalität und wissenschaftliche Qualität im Vordergrund stehen. Die Forschungsreaktoren des EIR können in diesem Sinne eingesetzt werden. Diesem Schwerpunktsbereich kann auch das laufende Brennstoffelementprogramm zugeordnet werden, das aber künftig vermehrt von Seiten der Elektrizitätswirtschaft finanziert werden sollte.

Finanzieller Aufwand

Die Aufwendungen der öffentlichen Hand auf dem Gebiet Kernspaltungsforschung betragen in den letzten Jahren rund 40 Mio Franken/Jahr. Sie wurden damit seit 1984 real reduziert. Trotz der Bedeutung, welche der Kernenergie weiterhin zukommt, ist es akzeptabel, diesen Umfang im Mittel auf 40 Mio Franken zu belassen. Folgende Zuteilung der Mittel ist vorzusehen:

Forschungsgebiet	Stand 1987	Richtwerte für 1992
Leichtwasser-Reaktor Sicherheit	23,9%	ca. 30%
Fortgeschrittener Druckwasserreaktor	9,6%	0%
Hochtemperaturreaktor	20,9%	ca. 15%
Fortgeschrittener Brutreaktor	5,2%	0%
Heizreaktor	8,4%	ca. 10%
Radioaktive Abfälle	24,1%	ca. 25%
Vorausschauende Forschung (inkl. Kernbrennstoffe)	(7,9%)	ca. 20%
	100%=37,9Mio Fr.	100% = 40Mio Fr. real 1987

S  
L  
T  
R  
A  
A  
V

### 3.3.4 ERNEUERBARE ENERGIEN

Betrachtet werden folgende für die Schweiz in Frage kommenden Gebiete:

- Solarwärme:** Aktive Nutzung (Kollektoren) und passive Nutzung (architektonische Massnahmen)
- Solarchemie:** Thermo- und photochemische Erzeugung von chemischen Energieträgern
- Photovoltaik:** Elektrischer Strom mittels Solarzellenanlagen
- Biomasse:** Energie aus Holz, landwirtschaftlichen Abfällen (inkl. Mist), organischen Haushaltabfällen (inkl. Deponien), Klärschlämmen
- Geothermie:** Nutzung der im Erdgestein und im Porenwasser der Aquifere gespeicherten Wärme
- Windenergie:** Stromerzeugung durch Windanlagen

#### Bedeutung für die schweizerische Energieversorgung

Ein wesentlicher Beitrag der obgenannten erneuerbaren Energien zur Deckung unseres Energiebedarfs kann erst im nächsten Jahrhundert erwartet werden (heutiger Anteil - inkl. Umgebungswärme-Nutzung - weniger als 1%). Sie stecken noch in der Einführungsphase neuer Technologien mit allen Schwierigkeiten wie Unwirtschaftlichkeit, Nischencharakter, Misstrauen der Kunden, mangelnde Kompetenz der Anbieter, erst teilweise ausgereifte Produkte. Es darf jedoch davon ausgegangen werden, dass die erneuerbaren Energien sukzessive und in beschleunigtem Masse Anteile an unserer Energieversorgung gewinnen werden.

#### Technologische Aspekte

- Solarwärme:** Es werden technisch reife Systeme angeboten. Vor allem materialseitig zeichnen sich jedoch Verbesserungsmöglichkeiten und Neuentwicklungen ab. Durch regelungstechnische Massnahmen sind weitere Anlageoptimierungen möglich.
- Solarchemie:** Die Arbeiten befinden sich teilweise noch im Stadium der Grundlagenforschung. Kontinuierlich werden jedoch deutliche Fortschritte verzeichnet.
- Photovoltaik:** Die rasante Entwicklung auf dem Gebiet der Solarzellen hält weiterhin an. Verschiedene Technologien werden als aussichtsreich betrachtet, sind aber im Entwicklungsstadium unterschiedlich weit fortgeschritten. Der Forschungsstand der zugehörigen Elektronik hinkt demjenigen der Zellenentwicklung teilweise nach.

- Biomasse:** Für Holz, Abfälle und Klärschlämme sind die Energiegewinnungs-Techniken bekannt, können jedoch noch verbessert werden. Dazu ist Grundlagenforschung im Bereich der bakteriellen Umwandlungen notwendig. Ferner bietet die moderne Biotechnologie die Möglichkeit, anstelle der Energiegewinnung aus Biomasse die Transformation derselben in industrielle Rohprodukte zu realisieren, was ein Energie-sparpotential darstellt.
- Geothermie:** Technologien wie die Nutzung heissen Wassers aus dem Erdinnern zur Stromerzeugung oder die Hot Dry Rock-Technologie zum Wärmeentzug aus der Tiefe sind erfolgreich demonstriert worden. Dies sind für die Schweiz jedoch langfristige, noch wenig erforschte Möglichkeiten. Die Technologien für die Nutzung der Wärme aus Aquifern sowie die 'Untiefe Geothermie' dürfen als technologisch ausgereift betrachtet werden.
- Windenergie:** Für kleinere Anlagen (unter 200 kW<sub>p</sub>) sind die technologischen Probleme weitgehend gelöst. Für grössere Anlagen erfordern die hohen Anforderungen an das Material noch weitere technische Abklärungen.

### Wirtschaftliche Aspekte

Trotz der gratis anfallenden "Rohenergie" ist der Einsatz erneuerbarer Energien in unserem Land wegen den zu hohen Investitionskosten im allgemeinen heute noch unwirtschaftlich. In energetisch nicht erschlossenen Gegenden mit günstigen meteorologischen Bedingungen sowie in gewissen Spezialbereichen (etwa solare Heutrocknung oder Biogas in bäuerlichen Grossbetrieben) ist jedoch bereits ein wirtschaftlicher Einsatz möglich. Besser sähe die Situation aus, wenn Versorgungssicherheit und Umweltverträglichkeit in die Kostenbetrachtungen miteinbezogen würden.

Die meisten Techniken der Nutzung erneuerbarer Energien passen gut in die schweizerische Industrielandschaft. Das weltweit erwartete starke Wachstum des Einsatzes dieser Energien eröffnet einen grossen Exportmarkt. Zudem sind Synergieeffekte in verwandten Technologiebereichen zu erwarten; beispielsweise sind die Techniken zur Herstellung amorpher Siliziumzellen auch für die Fertigung von Sensoren, Displays, Detektoren anwendbar. Längerfristig dürfte sich insbesondere der Solarchemie ein grosses Einsatzpotential eröffnen. Im Bereich der Biomasse sind Energieplantagen wegen des in der Schweiz ungünstigen Kosten/Nutzen-Verhältnisses nicht zu empfehlen.

### Umweltkriterien

Mit Ausnahme der Biomasseverbrennung arbeiten die erneuerbaren Energien abgasfrei. Die Nutzung der Sonnenenergie erfordert in der Regel einen hohen Platzbedarf, zudem treten oft ästhetische Probleme auf. Bei der Geothermie besteht eine gewisse Gefahr der Grundwasserverunreinigung.

Grundsätzlich zeichnen sich die erneuerbaren Energien jedoch durch eine gute Umweltverträglichkeit aus.

### Künftige Forschungsaktivitäten

In Anlehnung an die Empfehlungen der Eidg. Fachkommission für die Nutzung der Sonnenenergie (KNS), sieht die CORE folgende anstehenden Forschungsschwerpunkte.

- Solarwärme:** Abklärung der Möglichkeiten passiver Sonnenenergienutzung in komplexeren Gebäuden; Entwicklung und Einsatz neuer, lichtdurchlässiger Bauelemente; Verbesserung der Kenntnisse über Luftströmungen in Häusern; Wirkungsgradverbesserung oder Kostensenkung von Sonnenkollektoranlagen mittels Verwendung neuer Materialien sowie Systemoptimierungen.
- Solarchemie:** Weiteres Abtasten interessanter Konzepte und forcierte Förderung der erfolgversprechendsten Ansätze.
- Photovoltaik:** Schwerpunkt der Forschung in der Technologie des amorphen Siliziums (Schichtdeposition, Materialcharakterisierung, Zellenoptimierung); starke Förderung innovativer Ideen, so auch neuer Photovoltaik-Materialien und -Konzepte. Abklärung der Alterungsprobleme und des Zellenverhaltens als Funktion von Klima und Verpackung (Panels); Entwickeln zweckmässiger Anlagenelektronik (zusammen mit Industrie).
- Biomasse:** Konsolidierung der Erkenntnisse in den Bereichen Holz und Biogas; Einsatz biotechnologischer Methoden.
- Geothermie:** Erfassung und Beschreibung des geothermischen Nutzungspotentials (Lage, Ausdehnung, Temperaturstufen, chemische Abklärungen, Abnehmer). Verfolgung der Hot Dry Rock-Technik durch Mitarbeit an internationalen Projekten.
- Windenergie:** Abklärung des Windnutzungspotentials; Sammeln und Auswerten von Betriebsdaten bestehender Anlagen; Studium von Systemen (z.B. Kombianlagen Wind/Biogas).

### Finanzieller Aufwand

Angesichts der zukünftigen Bedeutung der erneuerbaren Energien ist eine Mittelerhöhung auf etwa 30 Mio Franken pro Jahr angezeigt, wobei insbesondere die Aufwendungen für die Solarchemie und die Photovoltaik verstärkt werden sollten. Reduziert werden können die Aufwendungen in den Gebieten Solarwärme und Windenergie.

Forschungsgebiet	Stand 1987	Richtwerte für 1992
Solarwärme	43,9%	ca. 40%
Solarchemie	1,6%	ca. 20%
Photovoltaik	20,1%	ca. 20%
Biomasse	16,7%	ca. 10%
Geothermie	9,6%	} ca. 10%
Windenergie	8,1%	
	100%=17,1Mio Fr.	100% = 30Mio Fr. real 1987

### 3.3.5 FUSION

Fusionsenergie hat das Potential, langfristig eine der wichtigen Energiequellen zu werden. Ob und wann dieses Ziel erreicht wird, müssen weitere intensive Forschungsanstrengungen innerhalb grosser kohärenter Programme zeigen. Auch wenn ein konsistentes Konzept, welches alle Forderungen an ein Kraftwerk erfüllt, noch in der weiteren Zukunft liegt, so wurden doch kontinuierlich viele Fortschritte auf dieses Ziel hin erreicht. Es gibt heute keinen prinzipiellen Grund, welcher Fusion als Energiequelle verunmöglicht.

#### Bedeutung für die schweizerische Energieversorgung

Ein möglicher Einsatz von Fusionsreaktoren zur Elektrizitäts- (später ev. auch Wärme- und Sekundärenergieträger-) Erzeugung ist erst in einigen Jahrzehnten zu erwarten.

Das Potential der Fusion, welche einen Beitrag zur Reduktion wirtschaftlicher und oekologischer Probleme der Schweiz im nächsten Jahrhundert erbringen kann, wie auch die Aussicht auf die Entwicklung einer der wenigen vielversprechenden Energiequellen, welche fossile Energieträger ablösen könnte, sind für die schweizerische Energieversorgung langfristig von grosser Bedeutung.

#### Wirtschaftliche Aspekte

Es ist heute unmöglich zu beurteilen, ob Fusion als Energiequelle in der ersten Hälfte des nächsten Jahrhunderts kommerziell konkurrenzfähig sein wird. Studien zeigen aber, dass die Kosten für die Elektrizitätserzeugung durch Fusionsreaktoren etwa denjenigen anderer Technologien entsprechen dürften, falls die Anstrengungen zur Verbesserung und Vereinfachung der Fusionstechnologie erfolgreich sein werden und die Vorteile bezüglich Sicherheit, Versorgungs-Unabhängigkeit und Umweltverträglichkeit berücksichtigt werden.

Eine wirtschaftliche Bedeutung für die Schweizer Industrie haben schon heute die hochtechnologischen Entwicklungen im Maschinenbau, in der Leistungselektronik, der Elektrotechnik, der Mikrowellentechnik, der Supraleitungs- und Magnettechnologie, der Tritiumtechnologie und in speziellen weiteren Bereichen der Materialtechnologie.

#### Umweltkriterien

Fusionsbrennstoffe - Deuterium und Lithium in einer ersten Reaktorgeneration - sind mengenmässig kein Problem. Ihr Einsatz würde fossile Ressourcen schonen. Auch spezielle Materialien für den Bau von Fusionsreaktoren stellen aus heutiger Sicht kein Ressourcen-Problem dar, wenn auch besonders im Bereich von strahlenunempfindlichen Materialien und von Materialien niedriger Aktivierung die Entwicklung erst am Anfang steht.

Die Belastung durch radioaktive Substanzen ist bei Fusionsreaktoren wesentlich kleiner als bei Spaltreaktoren. Sie sind weitgehend inhärent sicher, weil alle Betriebsstörungen zur schnellen Löschung der Fusionsreaktion

führen. Die Nachwärme aus der Aktivierung des Strukturmaterials ist zudem relativ gering.

### Technologische Aspekte und künftige Forschungsaktivitäten

Die Forschung in der Schweiz, wie in ganz Europa, konzentriert sich heute auf das System des magnetischen Einschlusses. Diese Gewichtung ist in Zukunft beizubehalten, was jedoch punktuelle, im internationalen Vergleich interessante und für die Schweiz besonders geeignete Untersuchungen im Bereich der Trägheitsfusion nicht ausschliessen sollte.

Fusionsforschung ist heute noch weitgehend **Grundlagenforschung**. Allerdings gewinnt die **Fusionstechnologie** im Hinblick auf die Realisierung von kommerziellen Leistungsreaktoren (z.B. Magnettechnologie (Supraleiter), Materialtechnologie, Hochleistungs-Mikrowellengeneratoren) auch für die Schweiz an Bedeutung.

Die Schweiz wird sich wie bis anhin sowohl in der Plasmaphysik-Grundlagenforschung wie in der Fusionstechnologieforschung in ein Gesamtprogramm einordnen müssen. Innerhalb dieser Programme sollte sie sich mit eigenständigen, anerkannten und genügend gewichtigen Beiträgen als ein so starker Partner profilieren können, dass der Zugang zum gesamten Wissen und zu den wichtigen Entwicklungen der internationalen Programme gesichert ist und so die Absatzmöglichkeiten für die technologischen Produkte der Industrie gewährleistet sind.

Schwergewichtig sind in den nächsten 5 Jahren folgende Arbeiten vorzusehen:

#### - Plasmaphysik für Fusion / Spezielle Heizmethoden:

- . Aufbau und Nutzung der Tokamaks TCA und TCV am CRPP
- . Theoretische und experimentelle Studien des magnetischen Plasmaeinschlusses
- . Entwicklung von Generatoren hoher Frequenz, hoher Leistung und grosser Pulslänge
- . Weiterentwicklung der Hochfrequenz-Heizmethoden

#### - Fusionstechnologie (Supraleitung/Strahlenschäden):

- . Weiterentwicklung der Hochfeldmaterialien, Leiter- und Spulentechnologie
- . Ausbau der europäischen Supraleiter-Testanlage SULTAN, NET-Magnete
- . Abklärung von Mechanismen mit 600 MeV-Protonen (Nutzung der Anlage PIREX II)

#### - Spezialbereiche (Mikrowellengeneratoren/Plasmatechnologie):

- . Hochfrequenz-Generatoren
- . Plasma-Wand-Wechselwirkung

### Ausbildungsaspekte

Fusionsforschung ist eine ausgezeichnete Ausbildung für spätere Tätigkeiten auch in anderen Gebieten, da in internationaler Zusammenarbeit ein Bereich moderner Technologien (Laser, Festkörperphysik, Elektronik und Elektrotech-

nik, Hochleistungs-Mikrowellensysteme, Kryogenie, Magnettechnologie, Robotik) bearbeitet wird.

Der Industrie bieten die aufwendigen Aufträge aus den Fusionsprogrammen, welche an der Grenze der zur Zeit beherrschten Technologien liegen, eine Möglichkeit zur Weiterentwicklung der Fähigkeiten ihrer Entwicklungsteams.

### Finanzaufwand

Der seit 1984 angestrebten eine realen Stabilisierung der Aufwendungen für die Fusion entspricht eine Limite für 1987 von 30 Mio Franken. Für die künftige Beurteilung des Aufwandes ist zu beachten, dass diese Stabilisierung als längerfristiger Mittelwert verstanden werden muss, da in Jahren der Infrastrukturerneuerung Investitionsspitzen auftreten, während in den Zwischenjahren geringere Aufwendungen nötig sind. Die Beiträge an EURATOM, JET und NET sind unabhängig von Forschungsausgaben in der Schweiz zu betrachten, da diese weitgehend von der internationalen, politischen Meinungsbildung abhängen. Es ist zwischen fusionsenergieorientierten und technologieorientierten Arbeiten zu unterscheiden. Insofern als die Fusionstechnologie, die Plasmatechnologie und Spezialbereiche über die Fusionsenergieerzeugung hinaus von grosser Bedeutung sind, sollten sich diese Teilbereiche gemäss ihrer Qualität und Anwendbarkeit auch in anderen Forschungsbereichen entwickeln können.

Forschungsgebiet	Stand 1987	Richtwerte für 1992
Plasmaphysik für Fusion, Heizmethoden	38,3%	ca. 35%
Fusionstechnologie (Supraleitung, Strahlenschäden)	28,3%	ca. 20%
Trägheitsfusion	4,8%	ca. 5%
Spezialbereiche (Mikrowellengeneratoren, Plasmatechnologie, ...)	11,2%	ca. 15%
EURATOM/JET/NET-Beiträge*	17,4%	ca. 25%
	100%=28,5MioFr.*	100% = 30Mio Fr. real 1987

\* unter Berücksichtigung des Rückflusses von EURATOM-Beiträgen an schweizerische Institute

### 3.3.6 UNTERSTÜTZENDE TECHNICKEN

Hier werden folgende Energieforschungsbereiche zusammengefasst:

- Elektrizität:** Erzeugung (soweit nicht anderswo behandelt), Uebertragung und Verteilung.
- Energie-speicherung:** Mechanisch, elektromagnetisch und chemisch. Zu den chemischen Speichern werden auch die synthetisch hergestellten Brennstoffe (Wasserstoff, Methanol, Ammoniak, etc.) gezählt, ebenso die Brennstoffzellen.
- Energie-Umfeld:** Allgemeine Studien im gesamten Energiebereich und in flankierenden Gebieten (Zusammenhänge mit andern Forschungsbereichen).

#### Bedeutung für die schweizerische Energieversorgung

- Elektrizität:** Der Verbrauch nimmt in der Schweiz ständig zu (über 20% unserer Endenergie). Nebst den Sparbemühungen ist es wichtig, die Gesamtwirkungsgrade der Systeme hoch zu halten.
- Speicherung:** Die permanente Verfügbarkeit von Energie, welche für unsere Wirtschaft eminent wichtig ist, erfordert eine optimale Lösung von Speicherungs- und Transportproblemen. Mittelfristig ist vor allem die Speicherung von elektrischer Ueberschussenergie von Bedeutung. Längerfristig dürfte - angesichts der schwindenden Vorräte fossiler Energieträger - die Speicherung in Form chemischer Energieträger wichtig werden. Im Vordergrund steht dabei heute die Wasserstofftechnologie, deren Bedeutung in unserem Land in dem Masse wachsen dürfte, wie sie sich im internationalen Rahmen durchzusetzen vermag.
- Umfeld:** Die Energieversorgung kann nicht isoliert betrachtet werden. Für die in Zukunft zu treffenden politischen Entschiede benötigt man fundierte Kenntnisse über das breite Umfeld: Zusammenspiel einzelner Energieträger, Versorgungssicherheit, Schadstoffaspekte, sozioethische Fragen, meteorologische Randbedingungen, etc.

#### Technologische Aspekte

- Elektrizität:** Vor allem in der Erneuerung kleiner Wasserkraftwerke sowie in der Gesamtbewirtschaftung des Netzes, aber auch im Einsatz neuer Materialien (z.B. Supraleiter) liegen noch nicht ausgeschöpfte technische Verbesserungsmöglichkeiten.
- Speicherung:** In der Schweiz werden hauptsächlich die Möglichkeiten der Erzeugung synthetischer Brennstoffe, die Entwicklung von Batterien, aber auch die Schwungradtechnik untersucht.

Die vieldiskutierte Einführung der Wasserstofftechnologie stützt sich auf bekannte Verfahren, die teilweise - zumindest im Labormassstab - erprobt sind. Umfangreiche Entwicklungsarbeiten sind jedoch noch notwendig, um insbesondere auch die wirtschaftliche Machbarkeit zeigen zu können. Dabei dürften Fragen der Systemoptimierung eine wesentliche Rolle spielen.

### Wirtschaftliche Aspekte

**Elektrizität:** Die Lösung technischer Probleme und die Herstellung von Produkten sind seit langem Aufgabe der einheimischen Industrie; ihre Wertschöpfung auf diesem Gebiet ist beachtlich.

**Speicherung:** Zukünftig dürften die chemischen Energieträger eine wichtige Funktion einnehmen. Sie haben die Vorteile der langfristigen Lagerungs- und leichten Transportmöglichkeit, sind aber heute noch weit von der wirtschaftlichen Anwendung entfernt. Zwar kann die Wirtschaftlichkeit durch Forschung und Entwicklung weiter verbessert werden, der wesentliche Durchbruch hängt aber vom Vorliegen billiger Energie ab. Gewisse Anwendungen stehen ausserdem in direkter Konkurrenz zu anderen Energietechniken, beispielsweise im Transportwesen, wo der Wasserstoffantrieb (mittels Verbrennungsmotor oder Brennstoffzelle kombiniert mit Elektromotoren) das batteriebetriebene Elektromobil potentiell konkurriert.

### Umweltkriterien

**Elektrizität:** Die Uebertragung mittels Hochspannungs-Freileitungen kann ästhetische Probleme bieten. Die auftretenden elektromagnetischen Felder werden von namhaften Experten als für Lebewesen unschädlich eingestuft.

**Speicherung:** Gewisse Materialien - beispielsweise von Batterien - können zu Umweltbelastungen führen. Beim Wasserstoff bildet sich bei der Verbrennung bei hohen Temperaturen lediglich in geringem Masse  $\text{NO}_x$  als Schadstoff. Bei der Verbrennung anderer chemischer Energieträger entstehen weitere Luftschadstoffe und  $\text{CO}_2$ . Soweit der bei der Synthese des Energieträgers notwendige Kohlenstoff der Luft entzogen wird, entsteht dort jedoch keine Erhöhung der  $\text{CO}_2$ -Konzentration. Die Unfallgefahr bei der Nutzung von chemischen Energieträgern hält sich im gleichen Rahmen wie bei der Erdöl- und Erdgasnutzung.

### Künftige Forschungsaktivitäten

**Elektrizität:** Als Forschungsschwerpunkte zeichnen sich ab: Optimale Netzbewirtschaftung in Zusammenarbeit mit der Privatwirtschaft (z.B. durch Entwicklung fortgeschrittener Kontrollsysteme, Senken von Uebertragungsverlusten u.a.), Entwicklungen im Gebiet der Supraleitung sowie Erhaltung des Forschungsstandes in Spezialgebieten (z.B. Teilentladungseffekte).

**Speicherung:** Wichtige Arbeitsgebiete bilden die Optimierung und Verbesserung von Wirkungsgraden bestehender Systeme und die Entwicklung neuer Techniken. Insbesondere gilt es, die dabei auftretenden Materialprobleme zu lösen, da herkömmliche Materialien oft über ihre Grenzen hinaus beansprucht werden und ersetzt werden müssen (z.B. Hochtemperaturelektrolyte, Membrane und Katalysatoren in Batterien und Brennstoffzellen). Die realen Einsatzmöglichkeiten der Systeme sind abzuklären und die Schwerpunkte entsprechend zu setzen.

Für die Erzeugung chemischer Energieträger ist - zusammen mit den Solarchemie-Arbeiten - ein auf lange Sicht angelegtes Forschungsprogramm zu konzipieren und durchzuführen. Darin sind als thematische Schwerpunkte vorzusehen: Wasserstofftechnologie, Elektrochemie (inkl. Brennstoffzellen), Thermochemie und Photochemie. Insbesondere hier sind auch innovative Ideen zu fördern.

**Umfeld:** In der weiten Palette des Energie-Umfelds ist - wie bis anhin - speziell den Gesamtaspekten der Energie-, Umwelt-, Wirtschafts- und Forschungspolitik gebührend Rechnung zu tragen.

### Finanzieller Aufwand

Forschungsgebiet	Stand 1987	Richtwerte für 1992
Elektrizität	26,5%	ca. 20%
Energiespeicherung	28,9%	ca. 30%
Energie-Umfeld	44,6	ca. 40%
Innovative Ideen	-	ca. 10%
	100%=23,6Mio Fr.	100% = 50Mio Fr.

### 3.4 Förderungsstufen

Folgende Zusammenstellungen zeigen auf, welche Gebiete - nach Meinung der CORE - mit zusätzlichen Geldern speziell zu fördern sind. Dabei werden **3 Förderungsstufen** unterschieden. Sie sind so zu verstehen, dass

- Stufe 1 eine massive zusätzliche Förderung,
- Stufe 2 eine massvolle zusätzliche Förderung,
- Stufe 3 kein Anstieg oder bei Bedarf eine Reduktion

gegenüber dem heutigen Finanzaufwand bedeuten.

#### F Ö R D E R U N G S S T U F E 1

(massive Förderung)

- **Rationelle Energienutzung in Gebäuden (I) \***  
Begründung: - wesentliche Reduktion des spezifischen Energieverbrauchs in der Schweiz zur Verringerung der Auslandabhängigkeit und der Umweltbelastung)
  - kurzfristige Erfolge erzielbar
  - ungenügende Aktivitäten in der Privatwirtschaft (Bauwesen)
- **Umgebungs- und Abwärmenutzung: Wärmepumpen, Wärmetauscher, Wärme-Kraft-Kopplung (I)**  
Begründung: - wie rationelle Energienutzung
- **Fossile Energien: Verbrennungsvorgänge, emissionsarme und rationelle Verbrennungsmethoden, Schadstoffaspekte, Deponieprobleme, Materialprobleme (II)**  
Begründung: - erlaubt gleichzeitige Ausschöpfung eines Energiesparpotentials zusammen mit einer Reduktion des Schadstoffausstosses
  - Resultate können relativ kurzfristig in die Praxis umgesetzt werden
- **Photovoltaik: Solarzellen und Anlagen (IV)**  
Begründung: - grosses Entwicklungspotential in Elektronik und Halbleitertechnik nutzen
  - langfristig eine der wichtigen neuen Technologien zur Elektrizitätserzeugung
- **Energiespeicherung in chemischen Energieträgern (inkl. Wasserstoffwirtschaft und Solarchemie) (VI)**  
Begründung: - kurz- und mittelfristig schon Lösungen in Nischen wirtschaftlich interessant
  - noch viel Grundlagenforschung notwendig
  - wichtig für die Nutzung zeitlich variabler Energiequellen und für Spitzenlastausgleich
  - notwendig für Anwendungen im Verkehr
- **Neue, innovative Ideen in allen Energiebereichen (I - VI)**  
Begründung: - Flexibilität auch in der Forschungsförderung wichtig
  - innovative Neuerungen können bisher stagnierenden Techniken zum Durchbruch verhelfen (z.B. Supraleitung)

\* Die in Klammern gesetzten römischen Ziffern bezeichnen den betreffenden Forschungsbereich (siehe Seite 28)

## F Ö R D E R U N G S S T U F E 2

(massvolle Förderung)

- **Rationelle Energienutzung im Verkehr (I)**  
Begründung: - Umfeld für Einsatz von Klein-Elektromobilen ist zu ebnen  
- Entwicklungsarbeiten gehören zu den Aufgaben der Industrie
- **Kernspaltung: Reaktor-Sicherheit (III)**  
Begründung: - laufende Anpassung an den neuesten Erkenntnisstand nötig  
- totale Fissionsforschungsausgaben durch Bundesratsbeschluss bis auf weiteres plafoniert
- **Solarwärme: Aktive und passive Sonnenenergienutzung (IV)**  
Begründung: - Verbesserung der Wirtschaftlichkeit durch Senkung der Material- und Fertigungskosten  
- System- und Komponentenoptimierung  
- Verlängerung der Lebensdauer
- **Elektrochemische Energiewandler und -speicher: Brennstoffzellen, Batterien (VI)**  
Begründung: - Brennstoffzellen bilden potentielle Alternative zur Wärme-Kraft-Kopplung; kleinere Anlagen in Fahrzeugen verwendbar  
- Batterieverbesserung
- **Elektrizität: Erzeugung, Transport, Umwandlung, Verteilung (VI)**  
Begründung: - Systemverbesserungen durch Einsatz neuer Materialien und fortgeschrittener Kontrolltechniken
- **Energie-Umfeld: (VI)**  
  
**Analyse und Optimierung von Systemen in allen Energiebereichen, Allgemeine Studien**  
Begründung: - solche Analysen erschliessen zusätzliche Energiesparmöglichkeiten  
- Systemanalysen werden vermehrt auch durch die Industrie realisiert
- Umweltaspekte**  
Begründung: - Grundlegend für Einsatz aller Energietechnologien
- Materialprobleme**  
Begründung: - bei Verbesserungen von Energieanlagen können oft die Grenzen der Möglichkeiten der heute bekannten Materialien überschritten werden  
- die Industrie ist stark an Materialforschung interessiert

### F Ö R D E R U N G S S T U F E 3

(konstante Mittel)

- **Rationelle Energienutzung in Industrie und Gewerbe (I)**  
Begründung: - Problematik sehr heterogen  
- die Industrien lösen diese Aufgaben in der Regel selbst
- **Wärmespeicherung; inkl. saisonale Wärmespeicher (I)**  
Begründung: - die heutigen Anstrengungen werden als genügend erachtet  
- für kleine Speicher sind die Verluste zu gross
- **Kernspaltung (ohne Sicherheitsforschung) (III)**  
Begründung: - der Umfang der laufenden Forschungsaktivitäten deckt diesen Bereich genügend ab  
- Konzentration auf wenige Reaktorkonzepte
- **Windenergie (IV)**  
Begründung: - die heutigen Anstrengungen werden als genügend erachtet  
- Potential für die Schweiz klein
- **Biomasse (inkl. Holz)(IV)**  
Begründung: - die laufenden Entwicklungsaktivitäten in diesem Bereich sind (angesichts der Bedeutung) auf ausreichendem Stand.
- **Geothermie (IV)**  
Begründung: - die heutigen Aktivitäten decken diesen Bereich genügend ab
- **Kernfusion (V)**  
Begründung: - Weiterführung auf mindestens gleich hohem Niveau, da grundlegende Option für das nächste Jahrhundert und die Schweiz international hochstehende Forschung betreibt
- **Elektromagnetische und mechanische Energiespeicherung (VI)**  
Begründung: - Anwendungsmöglichkeiten nur in ganz speziellen Fällen  
- wenig Interesse seitens der Industrie

### 3.5 Mittelzuteilung

Die Abschätzung anfallender Forschungsaufgaben gemäss den Kapiteln 3.3 und 3.4 führt zu einem anzustrebenden Jahresbudget 1992 von rund 200 Mio Franken (real 1987), wie dies in der Tabelle Seite 28 aufgelistet ist. Die CORE ist mit dieser Gesamtsumme in Uebereinstimmung mit einer Extrapolation des Konzepts von 1984 und den Aufwendungen, welche 1978 die Kommission für die Gesamtenergiekonzeption (GEK) und 1980 der schweizerische Wissenschaftsrat empfohlen haben (150 - 160 Mio Franken real 1980). Ausgehend von den heute rund 135 Mio Franken würde dies für die nächsten 5 Jahre eine jährliche Steigerung um 8% bedeuten.

In den vorgeschlagenen Mitteln enthalten sind auch die Aufwendungen für die Umsetzung der Forschungsergebnisse (ca. 10% der jeweiligen Projektmittel; siehe auch Abschnitt 3.6) sowie privaten Stellen übertragene Begleitungsaufgaben. Die Bereitstellung von qualifiziertem administrativem Personal für diese Aufgaben ist für die vorgesehene Ausweitung der Energieforschung unabdingbar.

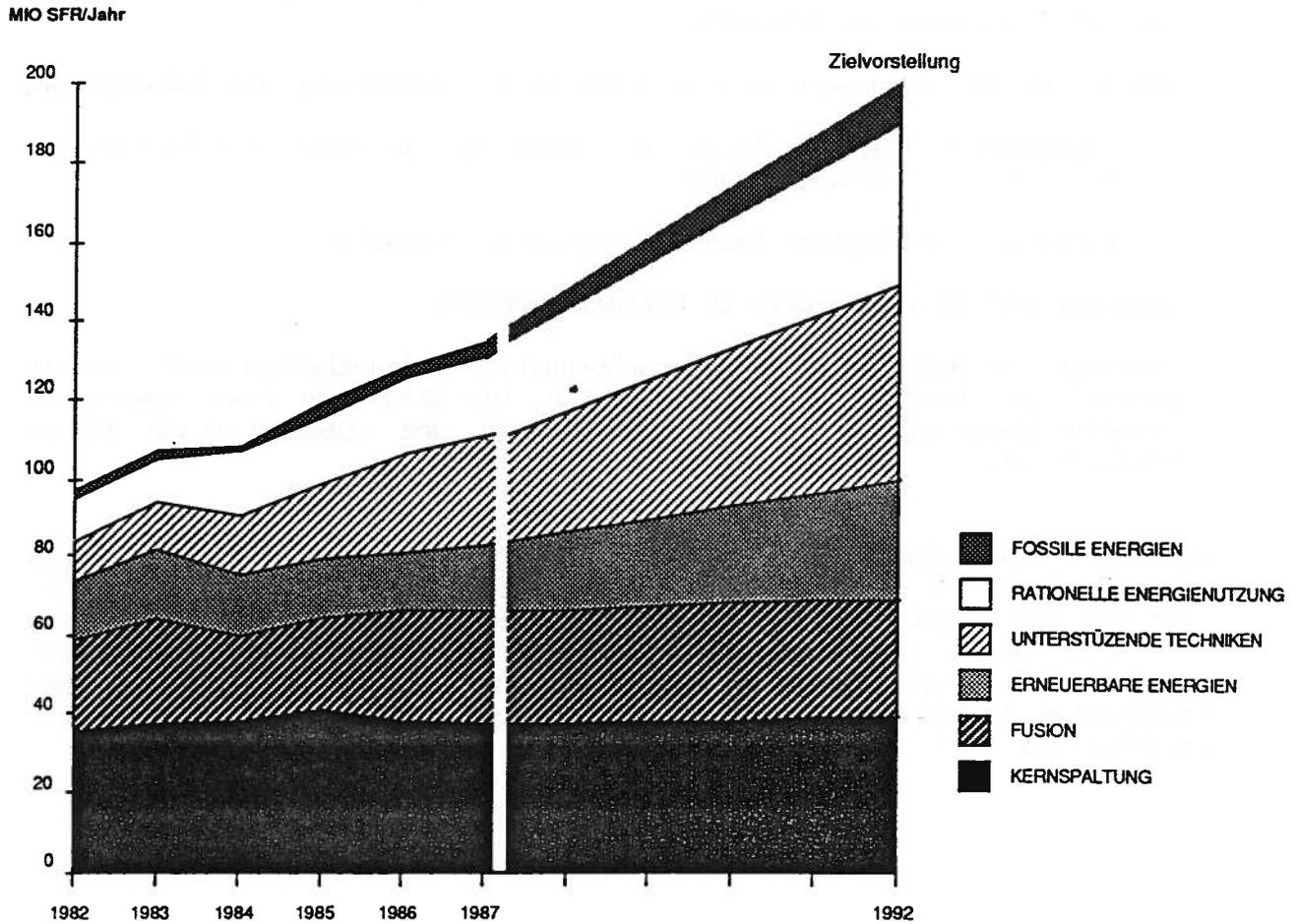
Gemäss der jüngsten Erhebung des Bundesamtes für Energiewirtschaft sind heute (1987) in der mit öffentlichen Mitteln finanzierten Energieforschung rund 700 Personen (61% Wissenschaftler, 12% Doktoranden und 27% Hilfskräfte) beschäftigt, d.h. rund 5 Personen pro Million Franken. Es mag sein, dass der angestrebte Ausbau - weitere 300 Personen bis 1992 - durch die beschränkte Zahl vorhandener qualifizierter und motivierter Forscher etwas bescheidener ausfallen muss, insbesondere wenn ein hoher Qualitätsstandard sichergestellt und keine starke Abwanderung aus anderen wichtigen Bereichen der Forschung hervorgerufen werden soll.

Um die angestrebten Forschungsziele zu erreichen, sind speziell auch Kreise der Höheren Technischen Lehranstalten und private Institutionen vermehrt zu aktivieren. Zudem ist grosses Gewicht auf die verstärkte Ausbildung von Fachleuten zu legen und der Aufbau der notwendigen Infrastrukturen zu fördern, z.B. durch die Schaffung neuer Lehrstühle und Assistentenstellen. Dies bedeutet aber auch, dass die Finanzierung von Programmen über Zeitabschnitte gesichert sein muss, welche einen solchen Aufbau erlauben, d.h. mindestens über Fünfjahresperioden. Es ist im weiteren darauf zu achten, dass ein ausgewogenes Gleichgewicht zwischen permanenten und rotierenden Stellen erreicht wird, um einerseits eine Erstarrung der Forschung zu vermeiden, andererseits aber auch die Abwanderung qualifizierter Kräfte zu verhindern.

**Tabelle 1:** Stand der Mittelzuteilung 1987 und Richtwerte für die anzustrebende Verteilung 1992

FORSCHUNGSHAUPTBEREICHE UND DEREN UNTERTEILUNG		1987 Mio Fr.	1992*) Mio Fr.
<b>I RATIONELLE ENERGIENUTZUNG:</b>	● Industrie und Gewerbe	2,2	2
	● Gebäude	11,0	22
	● Verkehr	3,1	6
	● Umgebungs- und Abwärmenutzung: - Wärmepumpen, Wärmetauscher, Wärme-Kraft-Kopplung	4,8	9
	● Wärmespeicherung (inkl. saisonale Speicher)	2,9	1
		24,0	40
		=====	=====
<b>II FOSSILE ENERGIEN:</b>	● Verbrennungsvorgänge	1,4	} 6
	● Emissionsarme und rationelle Verbrennungs- und Umwandlungsmethoden	1,1	
	● Schadstoffaspekte, Brenn- und Treibstoffe, Deponieprobleme	0,8	3
	● Materialprobleme	0,3	1
		3,6	10
		=====	=====
<b>III KERNSPALTUNG:</b>	● Leichtwasser-Reaktor Sicherheit	9,1	12
	● Fortgeschrittener Druckwasserreaktor	3,1	0
	● Hochtemperaturreaktor	7,9	6
	● Fortgeschrittener Brutreaktor	2,0	0
	● Heizreaktor	3,2	4
	● Radioaktive Abfälle	9,1	10
	● Vorausschauende Forschung (inkl. Kernbrennstoffe)	3,0	8
		37,9	40
		=====	=====
<b>IV ERNEUERBARE ENERGIEN:</b>	● Solarwärme, aktive und passive Nutzung	7,5	12
	● Solarchemie (Thermo- und Photochemie)	0,3	6
	● Photovoltaik (Solarzellen und Anlagen)	3,4	6
	● Biomasse (Holz, Biogas, Abfälle, Klärschlamm)	2,9	} 6
	● Geothermie	1,6	
	● Wind	1,4	
		17,1	30
		=====	=====
<b>V KERNFUSION:</b>	● Plasmaphysik für Fusion, Heizmethoden	10,9	10
	● Fusionstechnologie	8,1	6
	● Trägheitsfusion	1,4	2
	● Spezialbereiche (Mikrowellengeneratoren, Plasmatechnologie, ...)	3,2	5
	● EURATOM/JET/NET-Beiträge	4,9	7
		28,5	30
		=====	=====
<b>VI UNTERSTÜTZENDE TECHNIKEN:</b>	● Elektrizität: Erzeugung, Transport, Umwandlung, Verteilung	6,3	10
	● Energiespeicherung: chemische, inkl. Wasserstoff	4,5	11
	elektrochemische (Batterien, Brennstoffzellen)	1,3	3
	elektromagnetische und mechanische	1,0	1
	● Energie-Umfeld: Allgemeine Studien, Analyse von Systemen	5,3	} 20
	Umweltaspekte	4,4	
	Materialprobleme	0,8	
	● Neue innovative Ideen in allen Energiebereichen	-	5
		23,6	50
			=====
<b>TOTAL</b>	<b>134,7</b>	<b>200</b>	
		=====	=====

\*) Zielvorstellung, real ohne Teuerung, ohne grössere Pilot- und Demonstrationsvorhaben



Figur 2: Aufteilung der Energieforschungsmittel seit 1982 mit Zielvorstellung 1992 gemäss Tabelle 1 Seite 28

(Die erste Erhebung der Mittel fand 1977 statt; die damaligen Aufwendungen beliefen sich auf 54 Mio Fr.)

### 3.6 Umsetzung der Forschungsergebnisse

Der Verbreitung des in der Energieforschung erarbeiteten Wissens, sowohl in nationalen wie internationalen Projekten, und der Aufarbeitung in eine für die Praxis brauchbare Form kommt eine zentrale Bedeutung zu. Die Bewertung der Forschungsergebnisse, ihre Überführung in Anwendungen und Möglichkeiten der Erfolgskontrolle sind schon beim Aufbau der Energie-Forschungsprogramme zu beachten.

Anzustreben sind:

- Beteiligung der direkt Interessierten an der Formulierung und Durchführung der Programme und Projekte.
- Begleitung der Programme auch im Hinblick auf Auswertung und Information.
- Eine zunehmende stärkere Rolle der Industrie, je näher die Forschungsprojekte der Entwicklung stehen.
- Ein Einbezug unabhängiger (ev. ausländischer) Experten.
- Seminare und Schulungskurse in Energietechniken.
- Gebrauch und Installation von Forschungsinformationsstellen (evtl. Datenbanken) und Anwenderinformationsstellen. Die Schaffung einer speziellen Transfer-Organisation für Energieforschung und -Demonstration könnte nützlich sein.

Besondere Anstrengungen sind zu unternehmen, um die Kommunikationsprobleme zwischen Industrie und (staatlichen) Forschungsstellen, welche hauptsächlich bei den kleinen und mittleren Unternehmen einen Informationsrückstand zur Folge haben, abzubauen. Diese Probleme können nicht durch eine Aufstockung der Informationsmenge gelöst werden. Sie erfordern vielmehr neue Denkansätze für die Zusammenarbeit und bessere Methoden der Informationsverarbeitung.

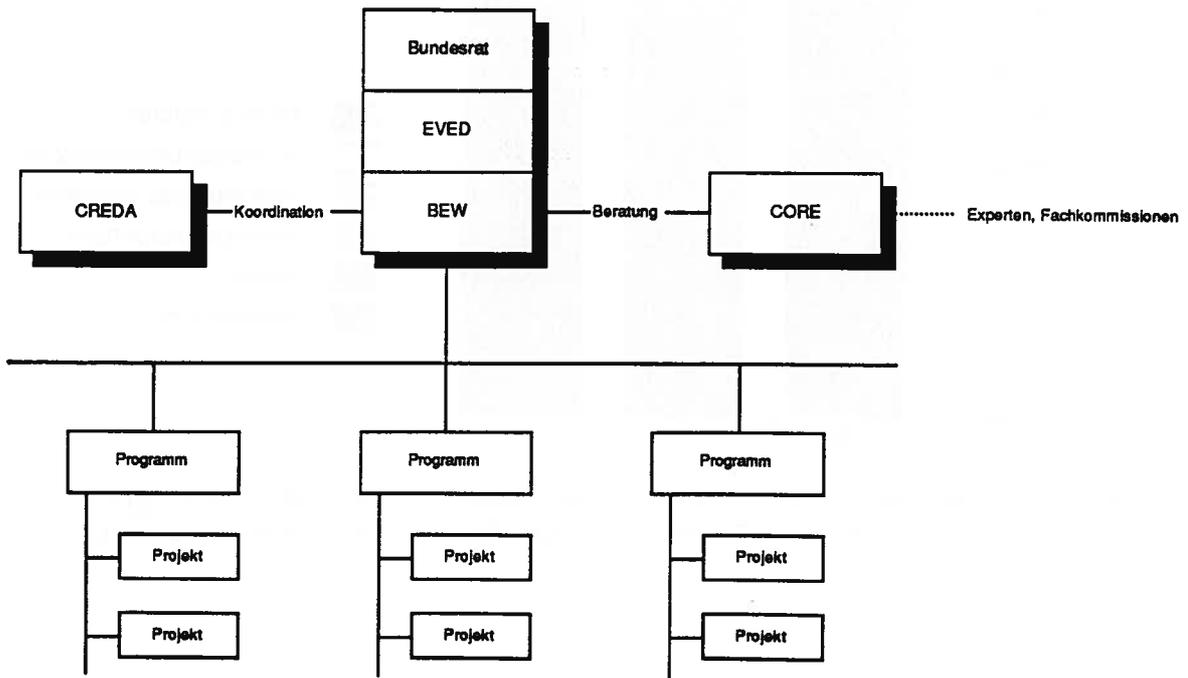
# ANHANG

## A. STAND DER ENERGIEFORSCHUNG

### 1. Bundesinterne Organisation

Im Zuge der Realisierung der Organisationsziele des Konzepts 1984 wurde im Bundesamt für Energiewirtschaft (BEW) die Sektion Energieforschung geschaffen und mit der **Gesamtkoordination** und **Begleitung** der Energieforschungsaktivitäten betraut. Eine enge Zusammenarbeit erfolgt mit dem Bundesamt für Bildung und Wissenschaft, welches insbesondere für energierelevante Grundlagenforschung (z.B. Fusion, Photochemie) verantwortlich ist.

Die bundesinterne Koordination wird gewährleistet durch die CREDA, "Groupe de Coordination de la Recherche Énergétique de l'Administration fédérale". In dieser Gruppe sind neben dem BEW vertreten: das Bundesamt für Bildung und Wissenschaft (BBW), das Bundesamt für Konjunkturfragen (BFK/KWF), der Schweizerische Schulrat (SRETH), das Bundesamt für Umweltschutz (BUS) sowie die Eidg. Finanzverwaltung (EFV). Für die Koordination mit der Energieforschung ausserhalb des Bundes sowie die systematische Forschungsplanung steht dem BEW die CORE, "Commission fédérale pour la Recherche Énergétique", beratend zu Seite. In dieser Kommission sind vertreten der Schweiz. Nationalfonds, der NEFF, die Universitäten und Höheren Technischen Lehranstalten, die Industrie und die Energiewirtschaft sowie die Kantone. Für die Behandlung von Spezialfragen können BEW und CORE weitere Experten(gruppen) beiziehen. Das BEW verschafft sich periodisch einen Ueberblick über die aktuelle nationale und internationale Energieforschung (durch Seminare, Literatur, Kommissionen, Umfragen). Durch gezielten Einsatz eigener Finanzmittel - Mitfinanzierung von Programmen, Aufnahme eigener Forschungsprogramme - sowie durch Mitwirkung in verschiedenen Finanzierungsgremien nimmt es Einfluss auf die Forschungsaktivitäten. Ueber den Fortschritt der direkt betreuten Projekte wird regelmässig berichtet, z.B. durch Veröffentlichung der entsprechenden Jahresberichte.

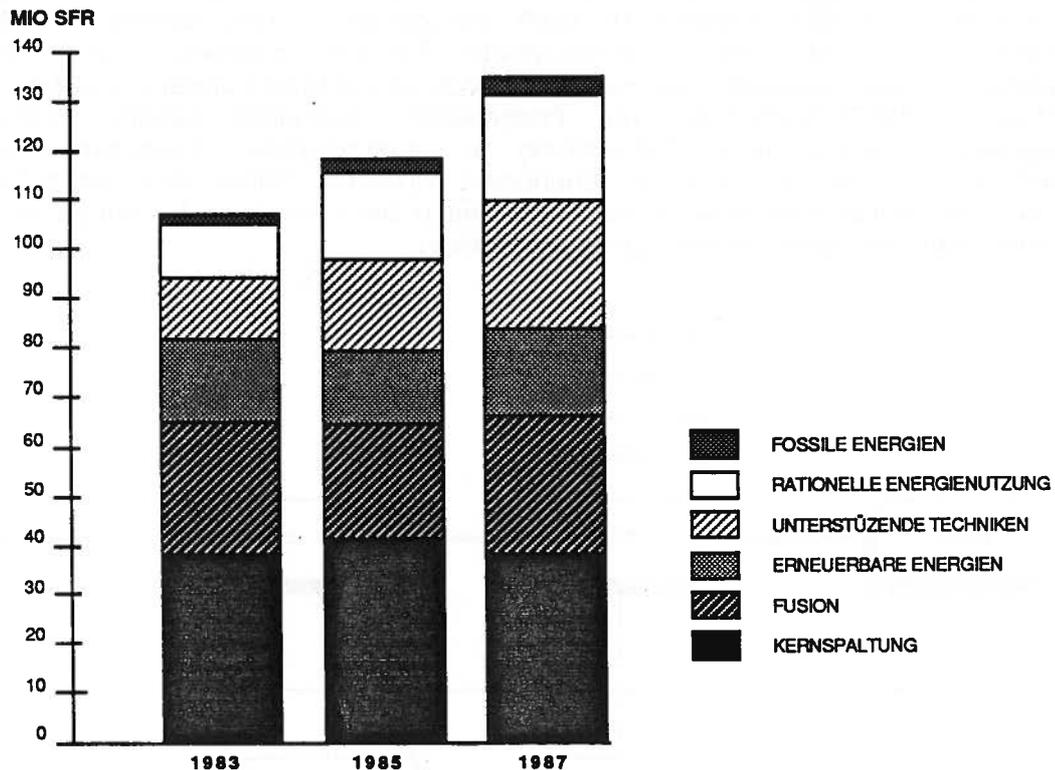


Figur 3: Organigramm der Energieforschung des Bundes

Die **Durchführung** der Energieforschung beim Bund liegt hauptsächlich in den Händen des Schweizerischen Schulrats (Eidg. Technische Hochschule mit Annexanstalten) sowie den landwirtschaftlichen Forschungsanstalten und der Schweiz. Meteorologischen Anstalt. Immer mehr werden jedoch auch private Institutionen vom Bund mit Energie-Forschungsaufgaben betraut.

## 2. Forschungsausrichtung

Gemäss den Beschlüssen des Bundesrates von 1984 sollten die Gebiete rationelle Energienutzung, einheimische und erneuerbare Energiequellen sowie unterstützende Techniken ausgebaut und die Gebiete Kernspaltung und Kernfusion stabilisiert werden. Ausgegangen wurde vom Stand der Energieforschung von 1983. Ein Vergleich der damaligen Aufwendungen mit denen von 1985 und 1987 (siehe Figur 4) zeigt, dass im Bereich Nuklearenergie eine Stabilisierung (real sogar ein Rückgang) erreicht worden ist, und dass die Summe der andern Gebiete eine deutliche Verstärkung erfahren hat. Mit dem vorliegenden Konzept wird im wesentlichen eine Fortführung der eingeschlagenen Hauptrichtungen empfohlen.



Figur 4: Aufwendungen der öffentlichen Hand und des NEFF für die Energieforschung in der Schweiz in den Jahren 1983, 1985 und 1987

### 3. Finanzierungsstellen

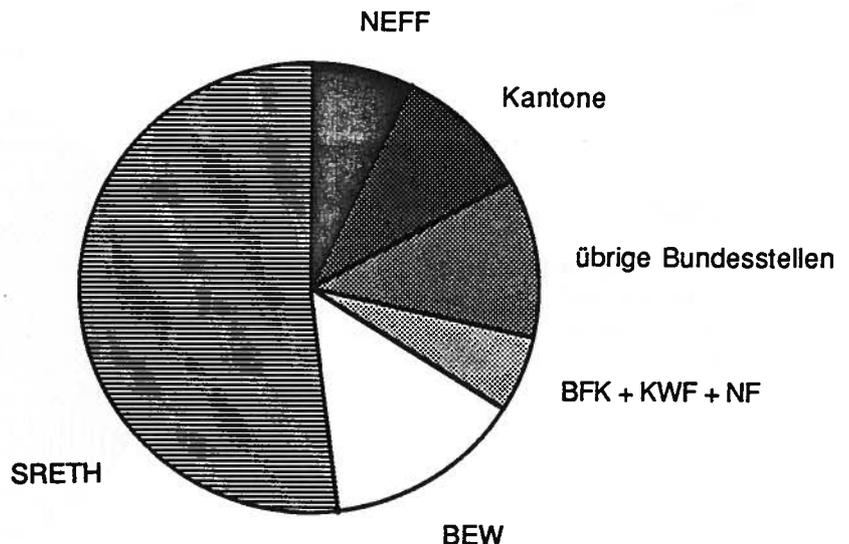
Der Hauptteil der Forschungsgelder, nämlich 83%, kommt von Bundesstellen (52% allein vom Schulrat ETH), 9,5% bezahlen die Kantone, der NEFF bringt 7,5% der Mittel auf (Stand 1987).

Der **Schulrat ETH** finanziert vorwiegend die Forschungsaktivitäten auf dem Gebiet der Nuklearenergie (60% seiner Energieforschungs-Aufwendungen). Ein zweiter Schwerpunkt bilden mit 20% der Mittel die 'Unterstützenden Techniken' (insbesondere Wasserstoffherzeugung, Elektrizitätsverteilung und Energiespeicherung). 12% bzw. 6% der Mittel werden für die Erforschung der 'Rationellen Energienutzung' bzw. der 'Erneuerbaren Energien' eingesetzt. In die Forschung im Zusammenhang mit der Nutzung 'Fossiler Energieträger' gehen 2% der Schulratsmittel für die Energieforschung.

Die **anderen Bundesstellen** bezahlen im Bereich der Nuklearenergieforschung insbesondere die Beiträge an die internationalen Organisationen (z.B. EURATOM), die übrigen Gelder fließen jedoch hauptsächlich in die drei Gebiete 'Rationelle Energienutzung', 'Erneuerbare Energien' und 'Unterstützende Techniken'. In diesen Gebieten liegen auch die Schwerpunkte der durch die **Kantone** finanzierten Energieforschung.

Figur 5:

Verteilung der Energieforschungsaufwendungen 1987 auf die verschiedenen Finanzquellen



### 4. Forschungsstätten

Tabelle 2 und Figur 6 zeigen wohin die Gelder der öffentlichen Hand 1987 geflossen sind. Es ist ersichtlich, dass über 72% der Energieforschung im Schulratsbereich durchgeführt worden ist, 35% allein im EIR, 21% an der ETH-Lausanne und 10% an der ETH-Zürich. Die Nuklearenergieforschung (Kernspaltung inkl. Sicherheitsforschung sowie Fusion) am EIR/SIN und der ETH-Lausanne beansprucht den Hauptanteil dieser Forschungsmittel.

Beachtenswert ist die Stellung des EIR: Nebst der Kernenergieforschung ist es auch die bedeutendste Forschungsstelle der Schweiz auf den Sektoren 'Erneuerbare Energien' und 'Unterstützende Techniken'.

**Tabelle 2:** Forschungsstellen und ihr Aufwand in den verschiedenen Forschungsgebieten 1987 (ohne Kosten für administrative Beileitung)

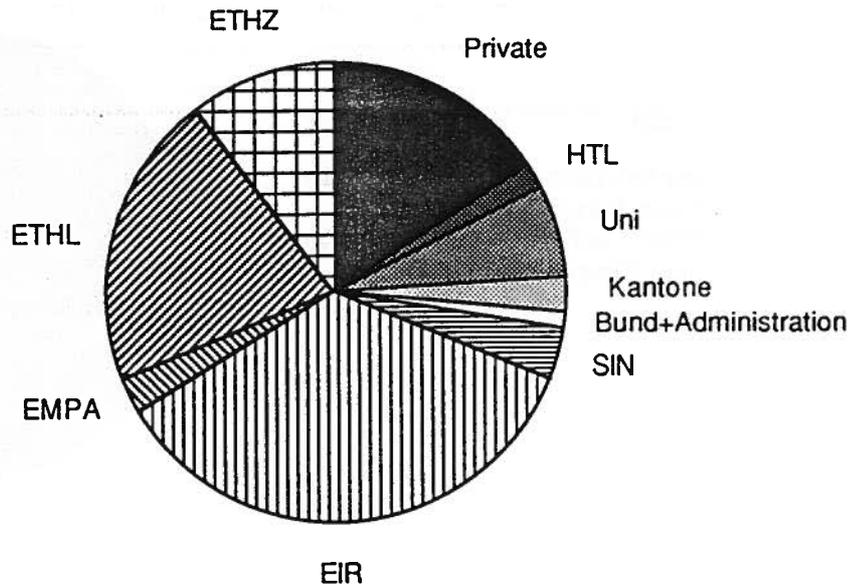
FORSCHUNGSGEBIET	SCHULRATSBEREICH					ANDERE BUNDESSTELLEN	UNI-VERSI-TÄTEN	HÖHERE TECHN. LEHRANSTALTEN	ANDERE KANTONALE STELLEN	PRIVATE STELLEN
	ETH-Z	ETH-L	EMPA	EIR	SIN					
I RATIONELLE ENERGIENUTZUNG	5'096	3'074	3'003	1'293	---	90	830	955	856	8'798
II FOSSILE ENERGIEN	1'250	---	---	876	---	---	---	---	---	1'498
III KERNSPALTUNG	982	---	---	31'498	550	---	---	---	---	4'861
IV ERNEUERBARE ENERGIEN	1'731	906	586	2'508	---	1'348	2'954	1'505	1'523	4'019
V FUSION	---	18'695	---	3'744	4'160	---	1'890	---	---	---
VI UNTERSTÜTZENDE TECHNIKEN	4'847	5'263	---	7'619	42	---	3'054	---	560	2'246
<b>TOTAL</b>	<b>13'906</b>	<b>27'938</b>	<b>3'589</b>	<b>47'538</b>	<b>4'752</b>	<b>1'438</b>	<b>8'728</b>	<b>2'460</b>	<b>2'939</b>	<b>21'422</b>
				99'161				14'127		

Bedeutende Forschungszentren an kantonalen Universitäten befinden sich in Neuenburg (Photovoltaik), St. Gallen und Genf (Ökonomie) sowie Bern (Photochemie).

Stark angestiegen sind die Energieforschungsaufträge der öffentlichen Hand an die Privatwirtschaft, sie machen 1987 über 15% des gesamten Aufwandes aus.

**Figur 6:**

Verteilung der Energieforschungsmittel 1987 auf die verschiedenen Forschungsstätten



### 5. Die Schweiz im internationalen Vergleich

Gemessen am Bruttonozialprodukt darf sich der schweizerische Aufwand öffentlicher Mittel für die Energieforschung durchaus sehen lassen (vergl. Tabelle 3), insbesondere wenn man bedenkt, dass die Forschungsaktivitäten der Privatindustrie vergleichsweise hoch sind.

Unsere Aufteilung auf die verschiedenen Forschungsbereiche gleicht derjenigen der USA, wenn man vom Gebiet 'fossile Energien' absieht. Die relativen schweizerischen Aufwendungen für die Kernspaltung liegen im internationalen Vergleich unterhalb dem Mittelwert. Das Engagement in der Fusion ist aber stark; ein Vergleich mit den EG-Staaten ist in diesem Gebiet jedoch irre-

führend, weil dort bedeutende Mittel direkt durch EURATOM aufgebracht werden. Der relative Aufwand für 'Erneuerbare Energien' bewegt sich etwa im Mittel, die Zuteilungen für die 'Rationelle Energienutzung' und die 'Unterstützenden Techniken' eher über dem Mittel der angegebenen Vergleichsländer. Dabei muss berücksichtigt werden, dass wir gerade in diesen Gebieten viele Projekte in internationaler Forschungs-Zusammenarbeit im Rahmen der IEA abwickeln und somit auch Zugang zu den Ergebnissen aus andern Ländern haben.

Tabelle 3: Vergleich der öffentlichen Forschungsaufwendungen einiger IEA-Länder 1985 und 1986

	B R D *		S		J		U S A		C H	
	1985	1986	1985	1986	1985	1986	1985	1986	1985	1986
I RATIONELLE ENERGIENUTZUNG (%)	2,6	2,5	27,1	34,2	0,8	0,8	7,7	9,7	11,0	15,5
II FOSSILE ENERGIEN (%)	18,1	21,7	19,5	11,7	13,1	13,4	13,1	13,0	2,5	2,0
III KERNSPALTUNG (%)	59,1	47,9	3,9	4,9	65,4	66,4	33,8	34,1	35,0	30,2
IV ERNEUERBARE ENERGIEN (%)	7,8	11,6	23,4	21,8	4,6	4,3	9,8	7,8	12,0	11,0
V FUSION (%)	10,6	14,2	5,9	9,8	12,3	11,5	19,2	16,0	20,0	21,9
VI UNTERSTÜTZENDE TECHNIKEN (%)	1,8	2,1	20,2	17,6	3,8	3,6	16,4	19,4	19,5	19,4
T O T A L in Mio \$-Dollar (1986)	549	566	82	79	1'558	2'311	2'256	2'261	66	76
Forschungsausgaben pro Bruttoezialprodukt (0/00)	0,9	0,7	0,8	0,6	1,3	1,7	0,6	0,7	0,5	0,6

\* ohne Beiträge der Europ. Gemeinschaft, welche insbesondere bei der Fusion (EURATOM) bedeutend sind.

**B. ZUSAMMENSETZUNG DER EIDG.  
ENERGIEFORSCHUNGSKOMMISSION CORE**

---

**Mitglieder**

Dr. Rudolf W. Meier, Präsident  
Stellv. Direktor BBC, Baden  
(als Vertreter des NEFF und der Industrie)

Prof. Dr. Alexander von Zelewsky, Vizepräsident  
Institut de chimie inorganique, Université de Fribourg  
(als Vertreter des Nationalfonds)

Jürg Bienz  
Direktor Gebr. Sulzer AG, Winterthur  
(als Vertreter der Industrie)

Dr. Federico G. Casal  
Direktor des Interkantonalen Technikums Rapperswil  
(als Vertreter der Höheren Technischen Lehranstalten)

Prof. Dr. Arvind Shah  
Institut Microtechnique, université de Neuchâtel  
(als Vertreter der Universitäten)

Dr. Ruedi Kriesi  
Amt für techn. Anlagen, Zürich  
(als Vertreter der Energiefachstelle)

Prof. Dr. Verena Meyer  
Physikinstitut der Universität Zürich  
(als Vertreterin der Universitäten)

Dr. Peter Stürzinger  
Elektrowatt AG, Zürich  
(als Vertreter der Energiewirtschaft und des Nationalkomitees der  
Weltenergiekonferenz)

Prof. Dr. Peter Suter  
Labor für Energiesysteme der ETH, Zürich  
(als Vertreter der ETH-Zürich)

Dr. Hans-Rudolf Troxler  
Stellv. Direktor Landis & Gyr AG, Zug  
(als Vertreter des VSM und der Industrie)

Prof. Dr. Francis Troyon  
Directeur du Centre de Recherchs en Physique des Plasmas, (CRPP), Lausanne  
(als Vertreter der ETH-Lausanne)

**Ständige Beobachter**

Prof. Dr. Alec Jean Baer, Vizedirektor  
(als Vertreter des Bundesamtes für Energiewirtschaft BEW)

Dr. Paul-Erich Zinsli, Sektionschef  
(als Vertreter des Bundesamtes für Bildung und Wissenschaft BBW)

Dr. Hans-Rudolf Zulliger, Mettler AG, Greifensee  
(als Vertreter der Kommission zur Förderung der wissenschaftlichen  
Forschung KWF)

**Sekretariat**

Bundesamt für Energiewirtschaft, Dr. Alphons Hintermann