

Februar 2005

# Schwerpunktprogramm **EWG** 2004 bis 2007

**Auftraggeber:**

Bundesamt für Energie BFE, 3003 Bern

**Autor:**

Lukas Gutzwiller

**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](mailto:office@bfe.admin.ch) · [www.ewg-bfe.ch](http://www.ewg-bfe.ch)

## Inhalt

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
|          | <b>Executive Summary.....</b>  | <b>5</b>  |
| <b>1</b> | <b>Einleitung und Überblick .....</b>                                | <b>7</b>  |
| <b>2</b> | <b>Synoptische Tabelle der neuen Schwerpunkte.....</b>               | <b>9</b>  |
| 2.1      | Bereich Grundlagenforschung .....                                    | 9         |
| 2.2      | Bereich Ressortforschung.....  | 10        |
| <b>3</b> | <b>Bereich Grundlagenforschung.....</b>                              | <b>13</b> |
| 3.1      | Schwerpunkt Innovationsprozesse .....                                | 13        |
| 3.2      | Schwerpunkt Methoden für Langfristprognosen.....                     | 14        |
| <b>4</b> | <b>Bereich energiepolitische Ressortforschung .....</b>              | <b>15</b> |
| 4.1      | Schwerpunkt Energiebereitstellung (Umwandlungssektor).....           | 15        |
| 4.2      | Schwerpunkt Gebäude und elektrische Geräte .....                     | 16        |
| 4.3      | Schwerpunkt Verkehr/Mobilität .....                                  | 16        |
| 4.4      | Schwerpunkt Wirtschaftssektoren (Industrie und Dienstleistung) ..... | 17        |
| 4.5      | Schwerpunkt Energieperspektiven .....                                | 17        |



# Executive Summary

## Einbettung des Programms in der nationalen und internationalen Forschung

Die Aufgabe des Forschungsprogramms energiewirtschaftliche Grundlagen (EWG) ist die angewandte energiepolitische Forschung. Das Forschungsprogramm ist stark interdisziplinär ausgerichtet und bedient sich zahlreicher theoretischer Methoden von der Mikro- und Makroökonomie über die Politologie bis zur Sozio-Psychologie. In der Schweiz gibt es verschiedenen Hochschulinstitute welche in diesem Bereich Kompetenzen haben, weshalb es schwierig ist, eine abschliessende Liste zu erstellen. Eine führende Rolle nimmt aber das Center for Energy Policy and Economics der ETH Zürich ein, welches ausdrücklich zum Zweck der energiewirtschaftlichen Forschung gegründet worden ist. Zudem gibt es seit vier Jahren das NCCR Climate des Schweizerischen Nationalfonds, welches in seinem vierten Arbeitspaket klimapolitische Fragestellungen angeht. In der bevorstehenden zweiten Phase dieses Kompetenzzentrums ist EWG schon in der Planungsphase einbezogen, damit möglichst angewandte Fragestellungen der Energiepolitik beantwortet werden können. Für EWG ist auch das NFP 54 „Nachhaltige Siedlungs- und Infrastrukturentwicklung“ teilweise relevant, in dessen verwaltungsseitiger Begleitgruppe der EWG-Programmleiter vertreten ist. Ein weiteres wissenschaftliches Netzwerk, in welchem der Programmleiter als BFE-Vertreter beratend einsitzt, ist das Organe consultatif sur les changements climatiques (OcCC), welches sich aus Wissenschaftlern aller Disziplinen zusammensetzt.

Auf nationaler Forschungsebene müssen auch die Forschungs-, Beratungs- und Ingenieurbüros erwähnt werden. Die Ingenieurbüros sind für die energiewirtschaftliche Forschung wichtig, da sie energiestatistisches Wissen mit ökonomischen Fragestellungen verbinden können. Zudem sind sie oft im Besitz von Datenbanken, welche über viele Jahre aufgebaut wurden und welche nicht öffentlich zugänglich sind. Auch bei der Erhaltung der Methodenkompetenz sind diese Büros zuverlässig, arbeiten mit den Hochschulen zusammen und sind international vernetzt.

Auf europäischer Ebene ist innerhalb des sechsten Rahmenprogramms wie für die technischen Forschungsprogramme das Schwerpunktthema „sustainable energy systems“ wichtig. Dabei werden zwei Unterprogramme unterschieden: kurzfristige Energieforschung (DG-TREN) und längerfristige Energieforschung (DG-RTD). Für EWG ist vor allem das erste Unterprogramm wichtig. Je nach Bedarf werden Schweizer Beteiligte im Rahmen von klar umschriebenen Aufgaben finanziell unterstützt.

Auf internationaler Ebene ist der Programmleiter im Ausschuss des IEA Greenhouse Gas Programms. Zudem wird die energiewirtschaftliche Forschung der wichtigsten Institute wie des MIT Joint Programs, des Tyndall Centers oder des Potsdam Instituts für Klimafolgenforschung aktiv verfolgt.

## Koordinationsrolle des Forschungsprogramms

Im Bereich energiewirtschaftliche Grundlagen (Szenarien und Instrumente der Energiepolitik, Ökonomie, Gesellschaft und Umwelt) werden in der Schweiz jährlich über CHF 10 Mio. von der öffentlichen Hand ausgegeben; das Budget von EWG ist in der Regel knapp ein Fünftel davon. Im Bereich energiepolitische Ressortforschung hat EWG ganz klar eine Lead-Funktion und muss sich auf die in Zukunft wichtigen energiepolitischen Fragestellungen konzentrieren, wobei EWG in der Vergangenheit vor allem auch zusammen mit den Kantonen Projekte unterstützen konnte. Gerade im Gebäudebereich liegt die energiepolitische Federführung bei den Kantonen; es ist somit wichtig, dass EWG die Forschung mit den Kantonen koordiniert; dies geschieht über die Arbeitsgruppe Analysen des Departements Erfolgskontrolle. Es haben allerdings nur wenige Kantone ein energiewirtschaftliches Forschungsbudget zur Verfügung, allen vorab die Stadtkantone Zürich und Basel.

Im Bereich Ökonomie, Gesellschaft und Umwelt teilt EWG die Führungsrolle zusammen mit dem ETH Rat. Hier handelt es sich stärker um Grundlagenforschung, beispielsweise zu Ökobilanzen und Stoff-

flüssen, Technologiefolgenabschätzungen, Risikoanalysen, Cost-Benefit Analysen und zum Einfluss vom Klimawandel, die in Zusammenarbeit mit den Hochschulen ausgeführt wird.

Die Ressortforschung orientiert sich an aktuellen energiepolitischen Fragestellungen. Deshalb sieht der Programmleiter in erster Linie Koordinationsbedarf mit den Kantonen. Im Bereich Grundlagenforschung ist die Schnittstelle zu den ETHs und dem Nationalfond für die Weiterentwicklung von Methoden sichergestellt, muss aber noch verstärkt werden.

Die EWG Forschung muss sich stärker auf die Hochschulen abstützen können. Dies gelingt nur, wenn die Forschung mit den Hochschulen besser koordiniert wird und die Hochschulen ein Interesse an angewandter zielorientierter Forschung zeigen.

## Schwerpunkte und Ziele 2004 bis 2007

Zum Erreichen der Vision 2050 hat die CORE eine Forschungs-Roadmap aufgestellt. Die Aufgabe dieser Roadmap ist es, die viel versprechenden Technologien zu identifizieren, welche einerseits einen wesentlichen Zielbeitrag (Potential) zur 2000 Watt Gesellschaft leisten können, andererseits aber auch über eine hohe inländische Wertschöpfung (Industriebasis) einen volkswirtschaftlichen Nutzen erzielen können. Weiter soll die Roadmap die Engpässe und Hemmnisse bei der Marktdiffusion energieeffizienter Technologien im Bereich Gebäude und Mobilität aufzeigen.

Der erste Aspekt, die Frage des Zielbeitrags und der Wertschöpfung, wird im vorliegenden EWG Forschungskonzept der Grundlagenforschung zugeordnet. Der zweite Aspekt, das Aufzeigen der Hemmnisse bei der Umsetzung, gehört zur energiepolitischen Ressortforschung, für welche der Hauptteil des EWG-Budgets reserviert ist.

In der so genannten Grundlagenforschung bestehen in erster Linie Wissenslücken bei der Identifizierung der viel versprechenden Technologien bezüglich des volkswirtschaftlichen Nutzens, also der Wertschöpfung in der potentiellen Industriebasis. Eine weitere Lücke besteht bei der Integration dieser Technologien in den Langfristmodellen. Um den langfristigen Erfolg der Energieforschung abschätzen zu können, ist es nötig, die Technologie basierten Modelle mit den volkswirtschaftlichen Modellen zu verknüpfen. Das Entwickeln eines so genannten Hybridmodells ist ein zweiter Schwerpunkt im Bereich Grundlagenforschung. Das EWG-Ziel bis 2007 im Bereich Grundlagenforschung ist also, den volkswirtschaftlichen Nutzen neuer Energietechnologien und deren langfristigen Beitrag zur 2000 Watt Gesellschaft aufzuzeigen.

Bei den Engpässen in der Umsetzung will sich das Roadmap Projekt auf die drei Anwendungsbereiche Gebäude, Verkehr und Energiebereitstellung fokussieren. Für EWG besteht in diesen drei Bereichen folgender Handlungsbedarf:

1. Erfolgskontrolle durch Erhebung der Energiekennzahlen von Gebäuden;
2. Technologie Assessment für Biomasse inklusive Stoffkreisläufe;
3. Benutzerverhalten beim Fahrzeugkauf.

Das EWG-Ziel bis 2007 im Bereich Ressortforschung ist, die Wissenslücken in diesen drei Umsetzungsbereichen zu schliessen.

Ziel des Programmleiters ist es, die Qualität der Projekte sowohl in der Grundlagenforschung wie auch in der Ressortforschung durch bessere methodische Betreuung zu steigern. Hierzu wird erstens schon bei der Projekt-Ausschreibung ein klarer methodischer Rahmen vorgegeben und zweitens werden vermehrt Methodenexperten in den Begleitgruppen Einsitz nehmen.

# 1 Einleitung und Überblick

Das Forschungsprogramm energiewirtschaftliche Grundlagen (EWG) ist Ende der 80-er Jahre im Anschluss an die Arbeiten der Expertengruppe Energieszenarien (EGES-Szenarien) entstanden: Bei den umfangreichen Studien mit Langfristcharakter zeigte sich u.a., dass weder eine ausreichende Datenbasis noch genügend fundierte theoretische wie auch empirische Grundlagen für umfassende energiewirtschaftliche Szenarien und Massnahmenanalysen bestanden. Neben der breiten technischen Energieforschung wurde deshalb ein sozioökonomisches Forschungsprogramm ins Leben gerufen.

Das letzte EWG Schwerpunktprogramm datiert vom März 1995 und bedarf einer Aufdatierung. Das vorliegende Dokument soll nun die Forschungsschwerpunkte für die Periode 2004 bis 2007 konkretisieren, welche sich aus dem Konzept der Energieforschung des Bundes ableiten. Dabei wird die CORE Roadmap zu Grunde gelegt. Die Aufgabe dieser Roadmap ist es, die viel versprechenden Technologien zu identifizieren, welche einerseits einen wesentlichen Zielbeitrag (Potential) zur 2000 Watt Gesellschaft leisten können, andererseits aber auch über eine hohe inländische Wertschöpfung (Industriebasis) einen gesamtwirtschaftlichen Nutzen erzielen können. Weiter soll die Roadmap die Engpässe und Hemmnisse bei der Marktdiffusion energieeffizienter Technologien im Bereich Gebäude und Mobilität aufzeigen.

Der erste Aspekt, die Frage des Zielbeitrags und der Wertschöpfung werden im vorliegenden EWG Forschungskonzept der Grundlagenforschung zugeordnet. Der zweite Aspekt, das Aufzeigen der Hemmnisse bei der Umsetzung, gehört zur energiepolitischen Ressortforschung, welche entsprechend den Sektormodellen der Energieperspektiven aufgeteilt ist. Entsprechend ist dieses Dokument in zwei Hauptkapitel unterteilt. Vorangestellt ist eine synoptische Tabelle, welche dem Leser einen konzisen Überblick vermitteln soll.



## 2 Synoptische Tabelle der neuen Schwerpunkte

### 2.1 Bereich Grundlagenforschung

| Schwerpunkt   | Wichtig-<br>keit | Inhalt/Kommentare  |
|---|------------------|--|
| <p><b>Innovations-<br/>Prozesse</b></p>             | <p>→</p>         | <p>Die Technologie-Begleitforschung im Energiebereich muss die Frage klären, welches Industrie-potential in der Schweiz existiert, um die Resultate der angewandten Energieforschung produktionsseitig umsetzen zu können. Welches ist die erwartete Wertschöpfung für die inländische Industrie? Welches ist der volkswirtschaftliche Nutzen der Energieforschung und wie kann er gemessen werden. Lösungsansätze dazu finden sich in der Bibliometrie oder der Patentstatistik.</p> <p>Die CH ist immer noch eines der innovativsten Länder Europas. Gilt dies auch im Energiebereich? Und falls nein, weshalb nicht? Ausserdem stellt sich die Frage, wie mehr Risikokapital zu Verfügung gestellt werden kann. Ein Ansatz, wie KMUs zu Risikokapital kommen, ist das Risiko Pooling in so genannten KMU-bonds oder „prefered pooled shares“. Welche Perspektiven eröffnet dieser Ansatz im Bereich der Energietechnologien?</p> <p>Bisher fehlt ein Konzept welches aufzeigt, bis wann eine Technologie forschungsmässig ge-stützt werden soll, und bis wann Marktmechanismen wie Subventionen bereitstehen sollen, welche die Aufnahme durch den Markt ermöglichen. Das Wissen von EWG könnte vermehrt in die Koordination zwischen Forschung und Marketing einfließen.</p> |
| <p><b>Methoden<br/>Langfrist-<br/>prognosen</b></p> | <p>↑</p>         | <p>Entwicklung von innovativen Methoden für die Langfristprognosen (2000 Watt Gesellschaft bis 2050); der Ansatz der Modellkopplung Bottom-up-Top-down, der so genannte Hybrid-Modelle (Stichwort langfristige Substitutionselastizitäten), wird verfolgt. Auch der langfristige Wertewandel (bezügl. Freizeitgestaltung, Arbeitsteilung etc.) muss für langfristige Per-spektiven beachtet werden.</p>  |

## 2.2 Bereich Ressortforschung

| Schwerpunkt                                   | Wichtig-<br>keit | Inhalt/Kommentare  |
|---|------------------|--|
| <b>Umwand-<br/>lungssektor</b>                | ↑                | <p>EWG untersucht die Rahmenbedingungen für die Produktion von Elektrizität aus erneuerbaren Energiequellen entsprechend dem sich in Erarbeitung befindenden BFE-Konzept. Dabei spielt kurzfristig die Ausgestaltung des Stromversorgungsgesetzes eine wichtige Rolle. Welches sind die optimalen Fördermodelle für die einzelnen Energiequellen, welche technisch ausgereift und somit marktfähig sind und welche zusätzlich ein grosses physikalisches Potential haben? Fragestellungen in Bezug auf die Liberalisierung sowie Regulierung des Strom- und Gasmarkts werden untersucht.</p> <p>Die Potentiale der erneuerbaren Energie für die Schweiz sind im Wesentlichen bekannt. Es braucht aber noch weitergehende Technologie Assessments für die Biomassenutzung, welche auch die Schliessung der Materialkreisläufe einbezieht. Für die einzelnen Energietechnologien wäre eventuell die systematische Erfassung und Aufdatierung wichtiger Parameter wie Herstellungskosten und Wirkungsgrade im Sinne eines laufenden Technologie-Assessments sinnvoll. Weiter ist zu untersuchen, welche technischen Bottle Necks existieren, welche teilweise verhindern, dass P&amp;D Anlagen längerfristig betrieben werden können.</p> |
| <b>Gebäude und<br/>elektrische<br/>Geräte</b> | →                | <p>Im Gebäudebereich wurden in den letzten Jahren viele Studien mit Bezug auf Minergie gemacht. Viel Grundlagenwissen ist jetzt vorhanden. Die EWG Forschung in diesem Bereich ist noch besser mit den Kantonen (Dept Erfolgskontrolle) abzustimmen und empirisch zu verstärken, beispielsweise durch die Erhebung von Energiekennzahlen im Sanierungsbereich.</p> <p>Der Bereich Gebäude hat nach wie vor das grösste Reduktionspotential ohne dass auf „Wohlstandserregenschaften“ verzichtet werden muss wie z.Bsp. bei der Mobilität (Bewegungsfreiheit). Es ist aber darauf zu achten, dass v.a. Massnahmen im Bereich energetische Sanierungen und Beschleunigung Erneuerungszyklus erforscht und erarbeitet werden. 80% der Wohnungen sind in privaten Händen. Grundsätzlich werden Investitionsentscheide stark durch die Steueroptimierung beeinflusst. Das Steuerrecht (kantonal) und das Mietrecht (na-</p>   |

|  |   |   |
|--|---|---|
|  |   | <p>tional) müssen energiepolitisch besser aufeinander abgestimmt werden und Unsicherheiten im Vollzug behoben werden. Die Mitnahmeeffekte müssen genauer untersucht werden und eventuell mit einer Kosten-Nutzen Analyse bewertet werden. Falls mittelfristig der Klimarappen und der Stromfond eingerichtet werden, sollte EWG wichtige Entscheidungsgrundlagen bezüglich der kostenwirksamen Verwendung der Gelder bereitstellen.</p>   |
| <b>Verkehr</b>                                   | ↑ | <p>Im Zusammenhang mit der Einführung eines Bonus/Malus Systems bei der Automobilsteuer (Importsteuer) müssen weitere Grundlagen erarbeitet werden. Das Bonus-Malus System basierend auf der Energie-Etikette für Fahrzeuge muss so gestaltet werden, dass die Energieeinsparung bei gegebenem Kaufverhalten am höchsten ist (optimale Wirkung).</p> <p>Ökobilanzen im Bereich ausländische Biotreibstoffe müssen erstellt werden, in Zusammenarbeit mit BUWAL. Dieser Punkt ist überlappend mit dem Schwerpunkt Biomasse im Umwandlungssektor.</p>   |
| <b>Wirtschaft (Industrie und Dienstleistung)</b> | → | <p>Die Zielvereinbarungen mit der EnAW laufen. Folgende Fragestellungen sollten beantwortet werden: Welchen Nutzen haben Umweltberichte? Wie muss ein Energiespar-Contracting ausgestaltet werden, um eine kosten-optimale Wirkung zu erzielen?</p>   |
| <b>Energieperspektiven</b>                       | → | <p>Die Energieperspektiven sollen Optionen für die langfristige Energiepolitik aufzeigen. Diese bewegen sich im Spannungsfeld zwischen der Versorgungssicherheit, der Liberalisierung und den drei Dimensionen der Nachhaltigkeit: Umweltverträglichkeit, Wirtschaftsverträglichkeit und Sozialverträglichkeit.</p> <p>Das Quantifizieren der Wirkung von Energieabgaben, sei es im Sinne einer umfassenden ökologischen Steuerreform oder einfach zur Internalisierung der externen Kosten (Amtsziel) ist Aufgabe von EWG. Die Grundlagen dazu, d.h. die Abschätzung der externen Kosten, sind im Wesentlichen bekannt und werden laufend aufdatiert (Federführung ARE). Zudem werden die methodischen Weiterentwicklungen verfolgt. Die externen Kosten werden methodisch in die Energiemodelle integriert und der Einfluss der Ökosteuer auf den Arbeitsmarkt, das Wirtschaftswachstum und das Innovationsverhalten wird erfasst und methodisch weiter entwickelt.</p> |



## 3 Bereich Grundlagenforschung

### 3.1 Schwerpunkt Innovationsprozesse

Die Technologie-Begleitforschung im Energiebereich muss die Frage klären, welches Industripotential in der Schweiz existiert, um die Resultate der angewandten Energieforschung produktionsseitig umsetzen zu können. Unter welchen Bedingungen ist es möglich, dass die Wertschöpfung einer Innovation in der Schweiz bleibt? Lohnt es sich beispielsweise im Bereich neue Fahrzeugantriebe Forschung zu betreiben, wenn es in der Schweiz keine eigentliche Fahrzeugindustrie gibt, sondern nur eine gewisse Zulieferindustrie? Das punkto Energieeffizienz sehr wichtige Common Rail System für Dieselmotoren wurde in der Schweiz entwickelt, das Patent wurde aber ins Ausland verkauft. Es wurden also dadurch keine inländischen Arbeitsplätze geschaffen. Die Frage des Einflusses von neuen Energietechnologien auf das Wirtschaftswachstum muss also untersucht werden. Lösungsansätze dazu finden sich in der Bibliometrie oder der Patentstatistik.

Gemäss Amtsstrategie erfolgt die BFE-Unterstützung von der Grundlagenforschung hin zur Markteinführung der Produkte subsidiär zu andern öffentlichen und privaten Stellen. Der Fokus liegt auf einzelnen Technologien deren Budgetzuteilung nach transparenten Auswahlkriterien erfolgt. Im Schwerpunkt Innovationsprozesse soll aufgezeigt werden, wie eine Technologie, welche heute noch im Forschungsstadium begriffen ist, zur Marktfähigkeit entwickelt werden kann. Marktfähigkeit in diesem Zusammenhang bedeutet entweder, dass die Technologie mit vergleichbaren Technologien preislich und funktional (Bedienungsfreundlichkeit) konkurrenzieren kann, oder aber dass die politischen Rahmenbedingungen (CO<sub>2</sub>-Abgabe auf konventioneller Technik, Quoten etc.) so gelegt sind, dass diese Technologien marktfähig werden.

Im Zusammenhang mit diesen BFE-Zielen ergeben sich folgende Fragestellungen, welche von EWG beantwortet werden sollten:

- Bis zu welcher Marktreife soll eine bestimmte Technologie mit Forschungsmittel unterstützt werden (Push-Effekt), bzw. ab welchem Moment der Markteinführung sollen eventuell die Subventionen den Pull-Effekt verstärken? (Business- und Marketingplan für angewandte Energietechnologien). Welches ist der optimale Instrumentenmix? Die staatliche Unterstützung darf aber nicht verhindern, dass sich der Markt für diese Technologien konsolidiert und somit international konkurrenzfähig wird; es sollte ein Absenkpfad der staatlichen Unterstützung vorhanden sein.
- Kann der Technologietransfer verbessert werden? Wie kommen innovative Unternehmen zu Risikokapital? Ausserdem stellt sich die Frage, wie mehr Risikokapital zu Verfügung gestellt werden kann. Ein Ansatz, wie KMUs zu Risikokapital kommen, ist das Risiko Pooling in so genannten KMU-bonds oder „preferred pooled shares“. Welche Perspektiven eröffnet dieser Ansatz im Bereich der Energietechnologien? Kann der Staat die Rahmenbedingungen so beeinflussen, dass privatwirtschaftliche Partnerschaften entstehen, welche die Markteinführung von neuen Technologien begünstigen?
- Welches ist das effektivste Forschungsportfolio für Energietechnologien? Welches ist die optimale Verteilung zwischen Grundlagenforschung und angewandter Forschung?
- Welche Chancen existieren, neue Energietechnologien in der Schweizer Industrie zu produzieren? Welches sind die dabei die Risiken/Unsicherheiten? Welches sind die Energietechnologien, welche die Schweiz im Jahr 2050 braucht um das Ziel der 2000 Watt Gesellschaft zu erreichen?

- Welches ist der volkswirtschaftliche Nutzen der Energieforschung? Generiert ein verbesserter Technologietransfer Arbeitsplätze im Inland, oder entsteht der wirtschaftliche Nutzen vor allem über neue Patente?
- Es gibt Beispiele von P&D Anlagen, die gebaut wurden, dann aber nie wirtschaftlich betrieben werden konnten. Eine Analyse dieser Projekte könnte aufzeigen, wo die technischen Bottlenecks sind und unter welchen Bedingungen P&D Anlagen sinnvoll sein können.

### 3.2 Schwerpunkt Methoden für Langfristprognosen

Die Energieperspektiven basieren auf den vier Sektormodellen bestehend aus privaten Haushalten, Verkehr, Dienstleistung und Industrie. Die Energienachfrage wird mit diesen Sektormodellen berechnet. Dies sind so genannte Bottom-up Modelle, denen physikalische Energiewandlungsprozesse zugrunde liegen (z. Bsp. Verbrennen von Heizöl in einem Heizkessel zum Bereitstellen von Raumwärme). Mit so genannten Kohortenmodellen wird die Zusammensetzung des Technologieparks über die Zeit modelliert, d.h. je nach Erneuerungsrate werden neue (effizientere) Technologien schneller oder langsamer vom Markt aufgenommen.

Wichtige (exogene) Inputs für diese Bottom-up Modelle sind das Bevölkerungswachstum, die Wirtschaftsprognose (BIP-Wachstum) und die Branchenentwicklung der Wirtschaft (Strukturwandel etc.), sowie die Entwicklung der Energiepreise auf dem Weltmarkt. Die letzten beiden Grössen können am besten mit so genannten berechenbaren Gleichgewichtsmodellen oder Top-down Modellen bestimmt werden; diese bewegen sich in der neoklassischen Denktradition und bestimmen die optimale Allokation auf Grund relativer Preise.

In den letzten Jahren wurde vermehrt versucht, die Bottom-up- und Top-down-Modelle methodisch miteinander zu koppeln, da diese doch zu unterschiedlichen Aussagen bezüglich der Energieeffizienz des zukünftigen Energiesystems (der sogenannte „efficiency gap“) kommen. Dieser efficiency gap rührt daher, dass Bottom-up-Modelle optimistischer bezüglich der Effizienzpotenziale sind, weil sie auch Technologiesprünge abbilden können. Bei einem Technologiesprung geht man davon aus, dass eine fundamental neue Technologie den Markt sehr schnell durchdringt, was in Realität bisher kaum beobachtet wurde. Beispielsweise ist Kernenergie eine fundamental neue Technologie, welche aber aus einsichtigen Gründen immer nur Teil eines ausgeglichenen Portfolios von Energietechnologien geblieben ist.

Zusammenfassend kann man festhalten, dass sich Bottom-up-Modelle am besten dazu eignen, politik-induzierten technischen Fortschritt und dessen Auswirkungen auf die Umwelt zu modellieren. Zudem können Bottom-up Modelle besser für die Ex-Post Analyse von energiepolitischen Massnahmen verwendet werden als Top-down Modelle. Allerdings vermögen Bottom-up Modelle wichtige Determinanten des Energieangebots nur teilweise erklären und lassen die Interaktionen zwischen Energiesystem und Wirtschaft sowie Gesellschaft vollständig ausser Betracht. Umgekehrt werden in Top-down Modellen (z. Bsp. berechenbaren Gleichgewichtsmodellen) auf Grund des zu hohen Aggregationsgrades politik-induzierter technischer Fortschritt nicht und die Auswirkungen auf die natürliche Umwelt nur in beschränktem Umfang mitberücksichtigt.

Wie die Diskussion über die Eignung der verschiedenen Modelltypen zeigt, haben Bottom-up- und Top-down-Ansätze unterschiedliche Stärken und Schwächen, die sich bei ihrer kombinierten Nutzung als nützlich herausstellen könnten. Dies führte in den letzten Jahren zur Entwicklung hybrider Ansätze, welche die Stärken der beiden Modelltypen zu kombinieren versuchen. So zeigt beispielsweise Böhlinger (1998) die Endogenisierung des technischen Fortschritts in ein allgemeines Gleichgewichtsmodell. Dieser Ansatz wurde in der Schweiz im Rahmen der Evaluation einer ökologischen Steuerreform sowie der Kernenergieausstiegs- resp. -moratoriumsinitiativen durch EcoPlan (2001) beispielhaft angewandt.

## 4 Bereich energiepolitische Ressortforschung

### 4.1 Schwerpunkt Energiebereitstellung (Umwandlungssektor)

Im Schwerpunkt der Energiebereitstellungen müssen zwei Aspekte genauer untersucht werden. Der erste betrifft die verstärkte Nutzung von Energie aus Biomasse, sei es für Wärme, Strom oder Treibstoff. Als zweites sollte die Akzeptanz von grossen Infrastrukturanlagen, insbesondere von Endlagerungsstätten von Kernabfall, genauer untersucht werden.

Im Bereich Biomassenutzung fehlt bislang ein systematisches Technologie-Assessment für die Schweiz. Insbesondere für die Aufbereitung zu Biotreibstoff (flüssig oder gasförmig) und auch für die Weiterverarbeitung des Gärguts fehlen im Moment noch Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen. Weiter muss sowohl der Markt für organischen Abfall (Ko-Substrat) wie auch für Holzsegmente für die Schweiz und das grenznahe Ausland besser erfasst werden. Bei der Biomassenutzung sind die Zulieferdistanzen ein wichtiger Faktor für die Wirtschaftlichkeit. Weiter müssen auch die Oekobilanzen für Biotreibstoffe verbessert und insbesondere auf ausländische Produkte ausgedehnt werden.

Eine grundsätzliche Diskussion, welche bei der Biomassenutzung auftaucht und zu gegenteiligen Ansichten unter den Forschern führt, betrifft den Nutzungspfad: soll beispielsweise Holz vergast und zu Naturgas aufbereitet werden, welches dann als Treibstoff in wenig effizienten Fahrzeugen (Wirkungsgrad kleiner als 20%) verbrannt wird, oder soll Holz für Raumwärme genutzt werden, oder soll Holz über Dampfturbinen (Wirkungsgrad ca. 30%) verstromt werden? EWG sollte basierend auf Nachhaltigkeitskriterien die Planungs- und Entscheidungsgrundlagen erarbeiten, wie dies schon in der Biomasse-Potential Studie vorskizziert wurde.

Im Bereich Akzeptanz von grossen Infrastrukturanlagen sollte primär die Akzeptanz für die Endlagerung von Kernabfall untersucht werden. Weshalb stossen Infrastrukturanlagen auf Widerstand, auch wenn sie der grossen Mehrheit eindeutig einen Nettonutzen verschaffen. Der entscheidende Grund für lokalen Widerstand gegen grosse Infrastrukturprojekte hängt mit der ungleichen Verteilung von Nutzen und Kosten zusammen. Dies verstösst gegen Fairnessvorstellungen. Um die Akzeptanz und die Risikowahrnehmung von Infrastrukturprojekten und Energiesystemen zu untersuchen, sollte neben der Mikroökonomie vermehrt auf die Methoden der Sozio-Psychologie zugegriffen werden.

Grundsätzlich darf im Bereich Energiebereitstellung die längerfristige Entwicklung des Strom-, Öl- und Gasmarktes nicht aus den Augen verloren werden. Hier geht es einerseits um Fragen einer nachhaltigen Marktliberalisierung und effizienten Regulierung für netzgebundene Energieträger (Elektrizität und Gas) und andererseits um die langfristige Versorgung von fossilen Energieträgern (Öl und Gas). Bei der langfristigen Versorgung geht es u.a. um die vorausschauende Entwicklung der Reserven und Energiepreise (Monitoring): welches sind die die Treiber entsprechend dem Hosting Modell?

—

## 4.2 Schwerpunkt Gebäude und elektrische Geräte

Die Gesetzeshoheit im Gebäudebereich liegt bei den Kantonen (Baurecht und Förderung über Globalbeiträge). Auch das Steuerrecht liegt bei den Kantonen, hat aber auf die Erneuerungstätigkeit im Gebäudebereich einen grossen Einfluss, da Investitionen vor allem durch die Steueroptimierung gesteuert werden. Auf nationaler Ebene (Bundeshoheit) gibt es einerseits das Mietrecht, andererseits das CO<sub>2</sub>-Gesetz. Das Mietrecht erlaubt den Eigentümern 50-70% der wertvermehrenden Kosten auf die Mietzinse überzuwälzen.

Der Bereich Gebäude hat das grösste Reduktionspotential (ca. 40% der CO<sub>2</sub>-Emissionen) ohne dass auf „Wohlstandserrungenschaften“ verzichtet werden muss wie beispielsweise die (vermeintliche) Beschneidung der Bewegungsfreiheit beim Umsteigen vom motorisierten Individualverkehr auf den öffentlichen Verkehr. Aus diesem Grund wurden in diesem Bereich durch EWG gute Grundlagen erarbeitet, vor allem im Bereich Sanierungen. Dabei ist zu beobachten, dass Sanierungen in relativ kleinen Paketen von 2-3 Massnahmen durchgeführt werden, d.h. es werden wenig Gesamtsanierungen durchgeführt. Hier ist es in erster Linie die steuerliche Optimierung von Unterhaltskosten sowie die Pflicht zum energetischen Nachweis, welche suboptimale Teilsanierungen begünstigen. Bei den privaten Liegenschaften schaffen die Steuerabzüge für energetische Massnahmen Anreiz für Gesamtsanierungen; die fehlenden Qualitätsanforderungen führen aber zu grossen Mitnahmeeffekten sowie geringer Effektivität. Ein zu untersuchender Lösungsansatz wäre, die Steuerabzüge mit energetischen Anforderungen zu verknüpfen.

Was im Gebäudebereich im Moment fehlt, sind Erfahrungswerte bezüglich der verbesserten Energieeffizienz durch Sanierungen. Wie viel Heizkosten können beispielsweise durch den Fensterersatz bei Altbauten eingespart werden? Die Grenzkosten von Effizienzmassnahmen wurde durch Offertbefragungen erhoben. Was fehlt, ist der Quervergleich mit Erfahrungswerten, welche in konkreten Projekten ex post erhoben werden. Zudem könnte dabei der Entscheidungsprozess noch genauer analysiert werden. Diese Grundlagen dienen einerseits der verbesserten Datengrundlage zur Analyse der Ausgestaltung von Förderinstrumenten einerseits und den Perspektiven andererseits.

Im Bereich Energieeffizienz von Elektrogeräten gibt es verschiedene lokale Initiativen, welche vor allem von den städtischen Energieversorgungsunternehmen getragen werden (Stromsparfonds in Bern, Basel und Zürich). Durch den Stromsparfond Zürich werden beispielsweise energieeffiziente Kühlgeräte subventioniert. Die Wirkung solcher Instrumente sollte genauer untersucht werden. Solche Subventionen sollten zeitlich begrenzt sein, damit die Händler einen Anreiz behalten, die Preise anzupassen und den Markt spielen zu lassen.

## 4.3 Schwerpunkt Verkehr/Mobilität

Zwei Dinge müssen im Zusammenhang mit Energieforschung im Verkehrsbereich berücksichtigt werden. Erstens liegt die Kompetenz für Massnahmen in der Verkehrspolitik bei andern Bundesämtern des UVEK, insbesondere beim Amt für Strassen, beim Bundesamt für Verkehr (Schienenverkehr) und beim Amt für Raumentwicklung (beispielsweise LSVA). Das BFE kann also keine politischen Massnahmen in diesem Bereich entwickeln; es kann nur Empfehlungen aus energiepolitischer Sicht abgeben. Aus dieser Tatsache folgt zweitens, dass diese Ämter eigene Programme für Grundlagenforschung haben, welche beispielsweise über die Vereinigung Schweizerischer Verkehrsingenieure abgewickelt werden.

Im Verkehrsbereich gibt es zwei Stossrichtungen, welche für EWG wichtig sind. Es sind dies einerseits Untersuchungen zu finanziellen Anreizen wie CO<sub>2</sub>-Abgabe auf Treibstoffen und ein *Bonus/Malus System* auf der Automobilsteuer (Importsteuer). Das Grundlagenwissen bei Kaufentscheiden im Automo-

bilbereich muss verbessert werden. Es ist zu bemerken, dass die freiwilligen Massnahmen im Verkehr (ausser der Energieetikette für Fahrzeuge) innerhalb der Wirkungsanalysen von EnergieSchweiz schon relativ gut untersucht worden sind. Punktuell wird es wahrscheinlich nötig sein, im Zusammenhang mit dem Erlass der Mineralölsteuer auf erneuerbaren Treibstoffen Ökobilanzen, vor allem auch für ausländische Produkte, zu erstellen. Diese Aufgabe sollte in Zusammenarbeit mit dem BUWAL verfolgt werden.

#### **4.4 Schwerpunkt Wirtschaftssektoren (Industrie und Dienstleistung)**

Freiwillige, wirtschaftlich interessante Massnahmen und nicht Vorschriften bilden in erster Linie die Basis der Schweizer Energie- und Klimapolitik. Industrie- und Dienstleistungsunternehmen vereinbaren Zielwerte zur Steigerung der Energieeffizienz und zu CO<sub>2</sub>-Reduktionen, um eine CO<sub>2</sub>-Abgabe abzuwenden, deren Auswirkungen zu mindern oder sich davon befreien zu lassen. Zu diesem Zweck haben sich die Wirtschaftsverbände in der Energieagentur der Wirtschaft (EnAW) zusammengeschlossen.

Im Bereich Energieeffizienz für Unternehmen stehen neben den freiwilligen Zielvereinbarungen drei Instrumente zur Debatte: Einspar-Contracting, Energieeffizienz-Fonds und ein Quotenmodell, wobei die letzten beiden verpflichtende Massnahmen sind. EWG sollte nach Bedarf die Effektivität dieser Instrumente zu untersuchen.

Auf der Seite der freiwilligen Massnahmen kann EWG einen Beitrag beim Nachhaltigkeitsmarketing leisten: was ist der monetarisierte Zusatznutzen von Umwelt- und Energieberichten für Unternehmen? (siehe auch U. Steger (ed.), *The business of sustainability: building industry cases for corporate sustainability*, 2004, oder Daub et al., *Nachhaltigkeitsberichterstattung Schweizer Unternehmen*, 2004).

#### **4.5 Schwerpunkt Energieperspektiven**

Das BFE erstellt je nach Bedarf aber in regelmässigen Abständen so genannte Energieperspektiven. Das Ziel der Energieperspektiven ist es, Optionen für die langfristige Planung der Energiepolitik aufzuzeigen. Die Optionen bewegen sich dabei im Spannungsfeld der energiepolitischen Ziele der Versorgungssicherheit und der nachhaltigen Energieversorgung; die nachhaltige Energieversorgung muss sowohl umwelt-, wirtschafts- und sozialverträglich sein.

Grundlage für das Aufzeigen von energiepolitischen Optionen bildet die Entwicklung der Nachfrage nach verschiedenen Energiedienstleistungen (z. Bsp. Raumwärme, Personenkilometer, etc.). Mit verschiedenen politischen Instrumenten wird dann versucht, die Energienachfrage zu beeinflussen. Während die Datengrundlage und die spezifischen Instrumente in den einzelnen Sektoren (Gebäude, Verkehr, Industrie und Dienstleistung) erarbeitet werden, geht es hier um sektorübergreifende Instrumente wie zum Beispiel eine Lenkungsabgabe oder eine ökologische Steuerreform. Dies sind Instrumente welche auf gesamtwirtschaftlicher Ebene optimiert werden, d.h. die volkswirtschaftlichen Auswirkungen wie der Einfluss auf den Arbeitsmarkt, den Strukturwandel und die Innovationstätigkeit müssen abgeschätzt werden. Zudem dienen die Energieperspektiven auch als Planungsinstrument für die Energieversorgung, sei es von einheimischen Energieträgern wie Strom aus Wasserkraft oder sei es von fossilen Energieträgern aus dem Ausland. Eng verbunden mit den Bottom-up Modellen der Energieperspektiven sind auch die Ex-post Analysen der einzelnen Sektoren, welche Aufschluss geben über die Wirkung der energiepolitischen Instrumente.

Die ökologische Steuerreform ist das energiepolitische Instrument, mit welchem das Amtsziel der Internalisierung von externen Kosten verfolgt werden soll. Die methodische Grundlage für die Quantifi-

zierung der externen Kosten wurde in den neunziger Jahren erarbeitet. In der Schweiz wurden 1994 die externen Kosten der Energiebereitstellung erstmals umfassend geschätzt. Dabei wurden die Schadenskosten der energiebedingten Luftverschmutzung in den Bereichen immissionsbedingte Gebäudeschäden, Waldschäden, landwirtschaftliche Produktionsausfälle und Gesundheitskosten, die Vermeidungskosten einer Klimaschutzstrategie der Schweiz sowie die Umwelt und Risikokosten der Energieproduktion (Wasserkraft, Kernenergie und Öl-/Gastransport) ermittelt (OTT & MASUHR 1994). Zudem interessiert sich das BFE für Klimafolgekosten welche sich aus direkten Schadenskosten und aus Adaptionskosten (z. Bsp. Massnahmen zur Stabilisierung des Gebirges wegen steigender Permafrostgrenze, Beschneiungsanlagen, Hochwasserschutz) zusammensetzen. Sowohl die externen Kosten von Energiesystemen wie auch die Klimafolgekosten sollte für die Schweiz aufdatiert werden.

Die volkswirtschaftlichen Auswirkungen einer ökologischen Steuerreform sind stark von deren Ausgestaltung abhängig, insbesondere von den Rückerstattungsmechanismen. Dabei ist es Teil der EWG Ressortforschung, die von der Energiepolitik vorgeschlagenen Instrumente auf deren volkswirtschaftliche Auswirkungen zu analysieren, wie dies beispielsweise mit dem Gleichgewichtsmodell von Ecoplan für die Volksinitiativen „Strom ohne Atom“ und Moratorium Plus“ gemacht worden ist.

Sowohl bei der ökologischen Steuerreform im Allgemeinen wie auch bei der CO<sub>2</sub>-Abgabe im Speziellen wird die so genannte „doppelte Dividende“ diskutiert, das heisst die gleichzeitige Verbesserung der Umwelt (Reduktion der externen Kosten) sowie die Erhöhung der Effizienz des Steuersystems, indem die Verzerrungen des heutigen Steuersystems über die Rückerstattungen des Abgabeaufkommens verringert werden, was sich in einer höheren Beschäftigung und einer Zunahme des BIP niederschlagen kann. Gerade die Frage nach dem Einfluss von verschiedenen energiewirtschaftlichen Massnahmen auf die Beschäftigung ist bisher in der Schweiz erst auf relativ aggregierter Ebene mit Allgemeinen Gleichgewichtsmodellen untersucht worden. In Deutschland wurde der Einfluss von Ökosteuern und Einspeisevergütungen auf den Arbeitsmarkt schon systematisch untersucht (Ansätze zur Modellierung von Beschäftigungseffekten in Energiesystemen, BMWA). Für die Schweiz werden die Resultate vermutlich anders ausfallen, da die Schweiz eher ein Zulieferer als ein Hauptproduzent von Energietechnologien ist (zum Beispiel Leistungselektronik, Getriebe und neue Materialien für Windturbinen, aber keine Gesamtanlagen von Windturbinen). Aspekte welche in diesen EWG Schwerpunkts hineinspielen sind jene der Innovationsprozesse (Kapitel 3.1) und jene der Modellentwicklung (Kapitel 3.2).