NATIONALES FORSCHUNGSPROGRAMM 31:
"KLIMAÄNDERUNGEN UND NATURKATASTROPHEN" (NFP 31)

ARBEITSBERICHT

KLIMAÄNDERUNG – ÖKONOMISCHE FRAGESTELLUNGEN

STAND DER FORSCHUNG IN DER SCHWEIZ

ENERGIEPERSPEKTIVEN

IDENTIFIZIERUNG VON KOSTEN
- SCHADENSKOSTEN
- VERMEIDUNGSKOSTEN
- ZAHLUNGSBEREITSCHAFT

MASSNAHMEN/AUSWIRKUNGEN VON MASSNAHMEN

Dr. Ruedi Meier
Bolligenstr. 14b
3006 Bern

Bern, im November 1993

INHALTSVERZEICHNIS

VORWORT

ZUSAMMENFASSUNG

1. AUSGANGSLAGE: ÖKONOMISCHE FRAGESTELLUNGEN IM ZUSAMMENHANG MIT DEM NATIONALEN FORSCHUNGSPROGRAMM 31
1.1 Das Nationale Forschungsprogramm 31
1.2 Oekonomische Fragestellungen?
1.3 Mögliche ökonomische Fragestellungen im Rahmen des NFP 31
1.4 Die wichtigsten Quellen
1.5 Ausländische Studien?

2. PERSPEKTIVEN DER TREIBHAUSGASE UND DES ENERGIEVERBRAUCHES

3. TREIBHAUSEFFEKTE: IDENTIFIZIERUNG DER KOSTEN
3.1 Berechnung der Schadenskosten
3.2 Die Vermeidungskosten
3.3 Zahlungsbereitschaft

4. MASSNAHMEN ZUR REDUKTION DES TREIBHAUSEFFEKTES
4.1 Ueberblick der Massnahmen
4.2 Freiwilliger Umweltschutz
4.3 Technisch-Planerischer Umweltschutz
4.4 Polizeilicher Umweltschutz
4.5 Finanzhilfen
4.6 Abgeltungen/Kompensationszahlungen: Der Internationale Aspekt
4.7 Emissionszertifikate/Lizenzen
4.8 Emissions- und Lenkungsabgaben zur Reduktion des Teibhauseffektes
4.8.1 Ausgangslage: Geplante Abgaben in der Schweiz und der EG
4.8.2 Abgaben-Modelle und Auswirkungsanalysen
4.8.3 Umfassende Analysen mit Gleichgewichtsmodellen

5. SCHLUSSFOLGERUNGEN
5.1 Forschungslücken - Mögliche Forschungsfelder
5.2 Laufende Projekte weiter verfolgen: Erstellen eines Syntheseberichtes
5.3 Weitere Bereiche
5.4 Uebersicht über ausländische Literatur - Uebertragung auf die Schweiz?

Literaturverzeichnis

Glossar

VORWORT

Die vorliegende Studie "Klimaänderung - ökonomische Fragestellungen" ist auf Anregung von Ueli Roth, Programmleiter des Nationalen Forschungsprogrammes Klimaveränderungen und Naturkatastrophen (NFP 31), ausgearbeitet worden.

Ursprünglich bestand die Absicht, den Stand der Forschung über Möglichkeiten und Auswirkungen von Umweltabgaben zur Verhinderung von Klimaveränderungen darzustellen. Literaturrecherchen und vertiefende Gespräche zeigten aber, dass damit eine unzulässige Verkürzung der ökonomischen Fragestellungen im Zusammenhang mit Klimaveränderungen vorgenommen worden wäre. Entscheidende Schwachstellen der schweizerischen Forschung im Bereich der Klimaveränderungen wären dadurch nicht berücksichtigt worden.

Der Blickwinkel wurde deshalb entscheidend geöffnet: Neben dem Stand der Forschung zu Umweltabgaben und weiteren Massnahmen ist die Thematik der Kosten von Klimaveränderungen aufgenommen worden. Zudem wird auf den Stand der Forschung zu schweizerischen Energie- bzw. Treibhausgasperspektiven eingegangen.

Mit der Studie wird der Anspruch erhoben, einen Ueberblick über die jüngere Forschung zu den verschiedenen wirtschaftswissenschaftlichen und wirtschaftspolitischen Themen im Zusammenhang mit den Klimaveränderungen in groben Zügen zu vermitteln. Es ist zu hoffen, dass aufgrund der festgestellten Lücken weitergehende Abklärungen in Auftrag gegeben werden können. Dabei kommt die Studie zum vorläufigen Schluss, dass dies vor allem in den Bereichen der Schadensberechnungen und internationalen Ausgleichsmechanismen zur Verhinderung von Klimaveränderungen notwendig ist.

Aufgrund der starken Ausweitung der ursprünglichen Thematik drängte es sich auf, auf eine Darstellung über den Stand der ausländischen Forschung "Klimaänderungen - ökonomische Fragestellungen" zu verzichten. Nur sehr am Rande werden einzelne Hinweise auf die ausländische Literatur gemacht.

Eine letzte Bemerkung: Die vorliegende Studie geht nicht auf die Zusammenhänge zwischen Treibhausgasen, möglichen Klimaveränderungen, Naturkatastrophen und wirtschaftlichen Auswirkungen ein. Es wird vielmehr vorausgesetzt, dass derartige Zusammenhänge bestehen, darüber aber im Rahmen des NFP 31 die nötigen Ueberlegungen angestellt werden. Die folgenden Ausführungen beschränken sich auf die ökonomischen Fragestellungen wie sie sich aufgrund von Klimaveränderungen ergeben können.

)r. Ruedi Meier
)ern, im November 1993

ZUSAMMENFASSUNG

Die Studie "Klimaänderung - ökonomische Fragestellungen" hat zum Ziel, aus wirtschaftswissenschaftlicher und wirtschaftspolitscher Sicht die vorhandenen und laufenden schweizerischen Studien zum Thema Klimaänderungen in Kurzform darzustellen. Es wird auf die wichtigsten Ergebnisse, aber auch die methodischen Ansätze mit den jeweiligen Annahmen eingegangen. Hingegen ist es nicht möglich, die jeweiligen Resultate detailliert herzuleiten. Das Ziel der Arbeit ist vielmehr, entscheidende Forschungslücken aufzudecken und Ansätze aufzuzeigen, wo weitere Abklärungen im Problembereich "Klimaänderungen - ökonomische Fragestellungen" notwendig sind.

ENERGIEPERSPEKTIVEN

Energieperspektiven stellen eine wichtige Grundlage dar, um die schweizerische Position im Rahmen von Klimaveränderungen zu klären. Entsprechende Arbeiten sind im Auftrag des Bundesamtes für Energiewirtschaft in vollem Gang: Die künftige Entwicklung der verschiedenen Energieträger wird abgeschätzt, indem die Nachfrage einzelner Benutzergruppen und die Angebotsstrukturen detailliert analysiert werden. Insbesondere werden Schadstoffbilanzen erstellt, die auch die CO2-Emissionen beinhalten. Die weiteren Treibhausgase werden allerdings nur behandelt, solange sie in einem Kontext zur Energie-Produktion, -Transformation oder -Verbrauch stehen. Bemerkenswert ist ebenfalls die Absicht, im Rahmen der Energieperspektiven Erfolgskontrollen zu einzelnen Massnahmen zu erstellen. Zudem sollen auch fortschrittliche Gleichgewichtsmodelle in die Energieperspektiven integriert werden. Insgesamt sind mit den Energieperspektiven Resultate auf dem neuesten Stand der Forschung zu erwarten.

Mit der Konzentration der Perspektiven auf die Energie werden primär die CO2-Emissionen behandelt. Hingegen werden die anderen Treibhausgase höchstens am Rande einbezogen. Es ist abzuklären, mit welchem Aufwand dieses Defizit geschlossen werden kann.

KOSTENBERECHNUNGEN VON KLIMAVERÄNDERUNGEN

Die Kosten von Klimaveränderungen oder die Aufwendungen von Massnahmen zur Reduktion der Treibhausgase nehmen in der ökonomischen Diskussion einen wichtigen Stellenwert ein.

Es können drei wichtige Kostenberechnungsarten unterschieden werden (zu Begriffen vergleiche das Glossar im Anhang):

- Schadenskosten: Monetäre Bewertung von möglichen Schadensszenarien

- Vermeidungskosten: Aufwendungen für Massnahmen zur Vermeidung von Klimaveränderungen

- Zahlungsbereitschaft: Bereitschaft einzelner Akteure der Gesellschaft und Wirtschaft Einkommen einzusetzen, um Klimaveränderungen zu verhindern.

Für die Schweiz bestehen bisher keine eigenständigen **Schadenskostenberechnungen** für die wichtigsten Treibhausgase. In verschiedenen Studien werden ausländische Ergebnisse auf die Schweiz übertragen, was aber aufgrund regional spezifischer Schadensszenarien sehr problematisch ist.
Die Berechnung von Schadenskosten könnte dazu dienen, die nationale Position im Zusammenhang mit Klimaveränderungen zu klären. Es würden monetäre Standards für einen nationalen und internationalen Mitteleinsatz geschaffen.
Schadenskostenberechnungen lassen aber auch erwarten, dass sie das Gefährdungspotential detaillierter zum Ausdruck bringen und damit zu einer Bewusstseinsbildung in der Bevölkerung beitragen.

Recht zahlreich sind die Abklärungen über die **Vermeidungskosten** für Massnahmen, die in der Schweiz eingesetzt werden können. Sie werden in der vorliegenden Studie recht ausführlich dargestellt. Es kann kein vordringlicher Untersuchungsbedarf festgestellt werden. Immerhin ist zu empfehlen, dass im Rahmen eines Schlussberichtes zum NFP 31 die vorhandenen und die noch zu erwartenden Ergebnisse über Vermeidungskosten in geeigneter Form aufgenommen werden.

In jüngster Zeit sind einige Untersuchungen über die **Zahlungsbereitschaft** in Bezug auf den Treibhauseffekt durchgeführt worden. Ein weiterer Forschungsbedarf ist zur Zeit nicht festzustellen.

MASSNAHMEN/AUSWIRKUNGEN VON MASSNAHMEN

Zur Reduktion der Treibhausgase kann grundsätzlich die gesamte Palette umweltpolitischer Massnahmen beigezogen werden.

Ein Ueberblick ergibt denn auch, dass praktisch alle umweltpolitischen Massnahmen wie Information, Gebote/Verbote, Kompensationen und marktwirtschaftliche Massnahmen (Abgaben, Lizenzen, Vereinbarungen, Subventionen) auch im Zusammenhang mit Treibhausgasen zumindest diskutiert werden. Es bestehen bereits recht umfassende Wirkungsanalysen. Einige weitere Studien sind im Gang, die aufschlussreiche Resultate erwarten lassen.

Unter den Massnahmen nehmen Kompensationszahlungen an Drittländer und Umweltabgaben eine hervorragende Bedeutung ein.

KOMPENSATIONSZAHLUNGEN IM INTERNATIONALEN KONTEXT

Zu den Kompensationszahlungen an Drittländer - vor allem mit geringem Einkommen und einem kostengünstigen Absenkungspotential - zur Reduktion von Treibhausgasen bestehen einzig einige theoretische Ueberlegungen, die eine qualitative Abschätzung der Möglichkeiten zulassen. Hingegen fehlen umfassende Konzepte mit Auswirkungsanalysen, die international orientierte Strategien zur Reduktion der Treibhauseffekte implementieren könnten.

Wichtige Fragen werden somit nicht beantwortet:

- In welchem Ausmass sind nationale bzw. internationale Reduktionspotentiale zu nutzen?
- Welches Ausmass an finanziellen Mitteln ist für internationale Zwecke aufzuwenden?
- In welchen Bereichen können die Mittel am sinnvollsten eingesetzt werden?
- Welche Auswirkungen sind zu erwarten (Beschäftigungs- und Einkommenseffekte, Wettbewerbsfähigkeit usw.)
- Wie sind die bisherigen Anstrengungen zur Reduktion in Drittländern zu beurteilen?

Es ist zu vermuten, dass die Beantwortung obiger Fragen zu einer entscheidenden Stärkung der nationalen Verhandlungsposition im Ringen um eine Reduktion der globalen Treibhausgase beiträgt.

UMWELTABGABEN ZUR REDUKTION DER TREIBHAUSGASE

Zur Reduktion von Treibhausgasen spielen Energie- bzw. CO2-Abgaben eine Schlüsselrolle. In diesem Bereich bestehen bereits einige Modelle, die eine umfassende Abklärung der möglichen Wirkungen auf die Wirtschaft oder die Einkommensverteilung beinhalten. Allenfalls sind die Regionaleffekte weiter zu vertiefen, wobei dazu in einem ersten Schritt zusätzliche Daten erhoben werden müssten.

In jüngster Zeit sind verschiedene Untersuchungen angelaufen, die methodisch mit modernsten Gleichgewichtsmodellen arbeiten. Komplexere Rückkoppelungseffekte und dynamische Effekte können dadurch erfasst werden. Es ist zu vermuten, dass in absehbarer Zeit umfassende Wirkungsanalysen möglich werden.

SCHLUSSFOLGERUNGEN

In den Schlussfolgerungen werden die wichtigsten Forschungslücken zusammenfassend dargestellt und vorläufige Empfehlungen für vertiefte Forschungsarbeiten formuliert.

Zwei Elemente sind dabei speziell hervorzuheben:

1. In jedem Fall sollten die ökonomischen Studien im Zusammenhang mit den Klimaveränderungen weiter verfolgt und etwa im Rahmen eines Schlussberichtes des NFP 31 dargestellt werden. Allenfalls ist es möglich, auf die laufenden Forschungen im naturwissenschaftlichen und im sozialwissenschaftlichen Bereich koordinierend einzuwirken. Die Synthesearbeiten könnten dadurch erheblich vereinfacht werden.

2. Die Berechnung von Schadenskosten und die ökonomische Implementation einer internationalen Reduktionsstrategie aus der Schweiz sind vertieft anzugehen.

1. AUSGANGSLAGE: ÖKONOMISCHE FRAGESTELLUNGEN IM ZUSAMMENHANG MIT DEM NATIONALEN FORSCHUNGSPROGRAMM 31

1.1 Das Nationale Forschungsprogramm 31

Im Rahmen des Nationalen Forschungsprogrammes 31: "Klimaänderungen und Naturkatastrophen" (NFP 31) werden die Auswirkungen künftiger Klimaänderungen auf Umwelt und Gesellschaft analysiert.

In einem ersten Schritt stehen dabei Grundlagenuntersuchungen über Ursachen und Prozesse im Vordergrund, wobei vor allem auf die physikalischen Reaktionsmechanismen des Oekosystems eingegangen werden soll.

Parallel dazu werden Auswirkungen auf die Gesellschaft und Wirtschaft untersucht: Strukturwandel der Landwirtschaft, oekonomische Auswirkungen von Naturkatastrophen auf menschliche Aktivitäten, Risikowahrnehmung in der Bevölkerung usw.

Eine weitere Phase ist Strategien und Handlungsanweisungen vorbehalten: Die zu erwartenden Ergebnisse sollen in die praktische Tätigkeit der Behörden und Bevölkerung einfliessen.

1.2 Oekonomische Fragestellungen?

Oekonomische Fragestellungen sind im Rahmen des Nationalen Forschungsprogrammes Klimaänderungen bisher nicht umfassend angesprochen worden. Es besteht aber die Absicht, in diesem Bereich einen weiteren Schwerpunkt zu setzen. Mit dieser Vorstudie sollen deshalb relevante Fragestellungen geklärt und ein mögliches Vorgehen in Bezug auf allfällige Untersuchungen aufgezeigt werden.

1.3 Mögliche ökonomische Fragestellungen im Rahmen des NFP 31

Aus Sicht der Oekonomie können drei Themenbereiche im Anschluss an die eingeleiteten Untersuchungen des NFP 31 unterschieden werden:

a) Treibhausgasszenarien bzw. Energieperspektiven
Es stellt sich die Frage, wie sich die Emissionen, insbesondere die Treibhausgase, in der Schweiz entwickeln. Dabei sind am ehesten Antworten von Energieszenarien zu erwarten: Wegen der hervorragenden Bedeutung der CO2-Emissionen spielen die Perspektiven der fossilen Energieträger und mögliche Substitute eine entscheidende Rolle.

b) Kosten der Schadensszenarien
Eine Erhöhung der Treibhausgase mit einem allfälligen Anstieg der Temperatur haben Auswirkungen auf die Wirtschaft und Gesellschaft. Beispielsweise werden die landwirtschaftlichen Erträge tangiert oder die Verdienstmöglichkeiten im Tourismus beeinflusst. Folgen sind auch auf die Produktionsmöglichkeiten und die Absatzchancen der Industrie und der Dienstleistungsbranche zu erwarten.

In ausländischen Studien sind die möglichen Effekte systematisiert worden und erste Bemühungen um eine Monetarisierung sind im Gang. Dabei besteht die Hoffnung, dass über das wirtschaftliche Ausmass allfälliger Schäden aufgrund der Treibhausgase Klarheit geschaffen werden kann und die Kosten von Masnahmen beurteilt werden können.

Die Resultate können unter anderem folgenden Zwecken dienen:

- Bewusstsein schaffen über das Ausmass möglicher Kosten, etwa im Verhältnis zum Bruttosozialprodukt
- Grundlagen erarbeiten für die Einführung von Massnahmen: Die Kosten allfälliger Massnahmen sollten die Schadenskosten nicht übersteigen. Es kann ein Optimierungsprozess eingeleitet werden.
- Grundlagen schaffen für internationale Verhandlungen. Die eigene Verhandlungsposition kann besser definiert werden. Es ist auch möglich festzulegen, welcher Stellenwert einer Verhinderung des Treibhauseffektes beigemessen werden soll.

c) Massnahmen und ihre Auswirkungen

Grundsätzlich steht das gesamte Spektrum umweltpolitischer Massnahmen zur Reduktion der Treibhausgase zur Verfügung:

Information, Beratung, Subventionen, Gebote/Verbote, Zertifikate, Umweltabgaben.

Aus ökonomischer Sicht ist die Auswahl der Massnahmen nach verschiedenen Kriterien zu treffen:

- Oekologische Wirksamkeit
- Kosten/Nutzen-Verhältnis
- Längerfristige Effekte
- Wirtschaftsverträglichkeit (sektorale Effekte, Beschäftigungswirkungen usw.)
- Aussenhandelsverträglichkeit
- Regionaleffekte
- Verteilungseffekte
- Gesamtwirtschaftliche Effizienz

Aus ökonomischer Sicht ist letztlich ein optimierter Massnahmenmix - unter Beachtung obiger Kriterien - entscheidend, wozu wirtschaftswissenschaftliche Studien wichtige Grundlagen liefern können.

Die internationale Dimension der Treibhausgase erfordert zudem, dass die Ueberlegungen eines Massnahmeneinsatzes über die nationalen Grenzen hinweg gezogen werden.

..4 Die wichtigsten Quellen

In jüngster Zeit ist auch in der Schweiz die wirtschaftswissenschaftliche Beschäftigung mit dem Treibhauseffekt fast sprunghaft angestiegen. Einige wichtige Arbeiten sind bereits abgeschlossen. Andere Untersuchungen sind in vollem Gang.

Die wichtigsten Quellen sind:

- Sozioökonomische Energieforschung des Bundes (Söef)
- Arbeiten an einzelnen Universitäten und Forschungszentren (Bern, Basel, Genf, Neuenburg, St. Gallen, Zürich)
- Energieperspektiven des Bundesamtes für Energiewirtschaft (BEW)
- Schwerpunktprogramm Umwelt (SPPU)
- BIGA Arbeitsmarktforschung
- Nationale Forschungsprogramme, u.a. Stadt und Verkehr (NFP 25)
- Paul Scherrer Institut (PSI), Würenlingen
- Energie 2000
- Impulsprogramme Ravel/Pacer

Die vorliegende Studie beansprucht, einen umfassenden - wenn auch knappen - Abriss über die abgeschlossenen und laufenden Arbeiten in der Schweiz zu vermitteln. Dabei werden jeweils die wichtigsten Ergebnisse hervorgehoben und auf die methodischen Ansätze hingewiesen.

Mit diesem Vorgehen sollen vorhandene Forschungslücken aus wirtschaftswissenschaftlicher Sicht zum Ausdruck kommen.

1.5 Ausländische Studien?

Ausländische Arbeiten können im Rahmen der vorliegenden Studie nur am Rande gestreift werden. Es ist aber darauf hinzuweisen, dass sehr vielfältige und umfangreiche Arbeiten zum Thema Treibhauseffekt aus wirtschaftswissenschaftlicher Sicht vorliegen.

Eine sinnvolle Auswertung - etwa mit der Abklärung einer allfälligen Uebertragung der Ergebnisse auf die Schweiz - müsste speziell angegangen werden.

2. PERSPEKTIVEN DER TREIBHAUSGASE UND DES ENERGIEVERBRAUCHES

In der Schweiz wurden die letzten Energieperspektiven im Rahmen von EGES durchgeführt. Diese werden vom Bund inzwischen als revisionsbedürftig und vor allem als ausbaufähig betrachtet.

Deshalb wurde vom Bundesamt für Energiewirtschaft der Auftrag an Prognos erteilt, die Energieperspektiven auf eine neue Grundlage zu stellen und die Fortschreibung zu gewährleisten. Neben der Prognos werden verschiedene Hochschulinstitute und private Firmen für Teilschätzungen beigezogen (u.a. Hochschule St. Gallen, Uni Genf).

Es wird von einem umfassenden Energieprognosesystem ausgegangen:

Der Energieverbrauch wird als abgeleitete Nachfrage betrachtet. Wichtige exogene Rahmendaten sind (Vergleiche dazu Abbildung 1):

- Weltwirtschaftliche Entwicklung
- BSP-Entwicklung in der Schweiz
- Erwerbstätigenprognose
- Bevölkerungs- und Haushaltsprognosen
- Analyse des technologischen Wandels
- Produktionsprozesse, Entwicklung von Anlagen und Geräten
- Entwicklung des spezifischen Energieverbrauches
- Entwicklung der Energiepreise

Aufgrund der Einflussgrössen erfolgt die Schätzung der Energienachfrage für die Wirtschaft (wobei eine starke Desaggregierung vorgenommen wird), die Haushalte und den Verkehr.

Das Energieangebot wird - wiederum in stark desaggregierter Form - für die heimische Energieproduktion und die Importe separat ausgewiesen.

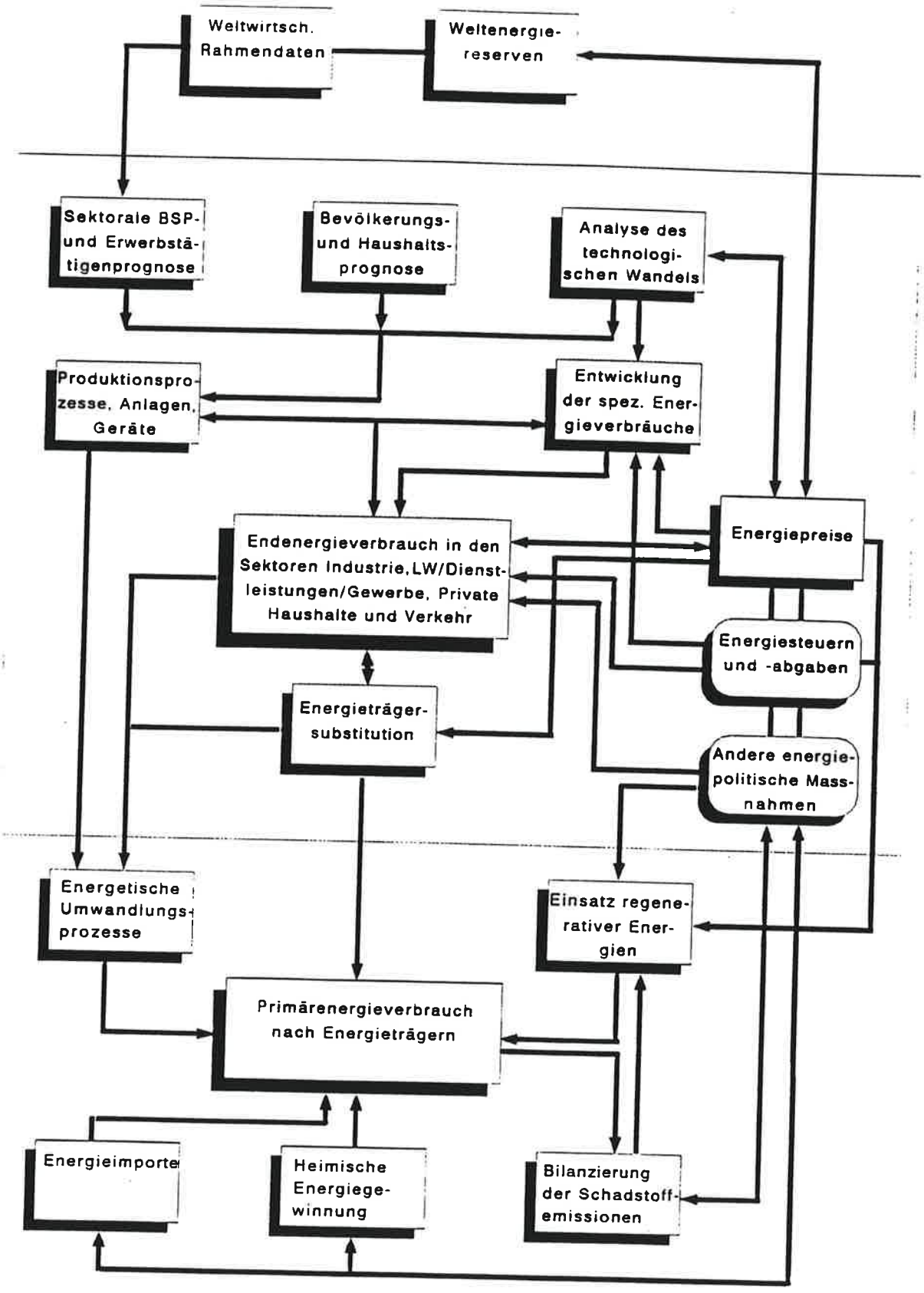
Methodisch wird mit einem Input-Outputmodell gearbeitet. Es sollen aber auch Gleichgewichtsmodelle eingebaut werden.

Im vorliegenden Zusammenhang sind zwei Elemente von besonderem Interesse:

- Es soll eine Bilanzierung der Schadstoffemissionen vorgenommen werden, das heisst in bezug auf CO2, aber auch für SO2, NOX, CO und CH. Als Zeithorizont wird das Jahr 2000 angegeben. Offen ist, welche Zeiträume nach dem Jahr 2000 zusätzlich anvisiert werden.

- In den Perspektiven werden Energiepreise, Energiesteuern und -Abgaben, aber auch andere energiepolitische Massnahmen explizit eingebaut. Weiter ist es möglich, ex-post- und ex-ante-Analysen einzelner Massnahmen durchzuführen.

Abbildung 1: Modellstruktur des Energieprognosesystems von Prognos



Die ersten Perspektive-Ergebnisse sind auf Februar 1994 zu erwarten. Auf Sommer 1994 sind die ex-post Analysen der Erfolgskontrollen sowie die Emissionsbilanzen angekündigt. Anschliessend ist eine laufende Aufdatierung der Perspektiven inklusive Massnahmenanalysen vorgesehen. Es besteht auch die Möglichkeit, zu einzelnen Fragestellungen Spezialabklärungen anzufordern.

Fazit

Mit den Energieperspektiven des BEW wird eine wichtige Grundlage zur Beurteilung der zukünftigen Nachfrage- sowie Angebotsentwicklung geschaffen. Ebenfalls sind umfassende Emissionsbilanzen (CO_2 und andere Schadstoffe) sowie erweiterte Möglichkeiten für Massnahmenanalysen zu erwarten.

Die Prognos-Perspektiven dürften in der zukünftigen Energie- und CO_2-Diskussion in der Schweiz eine wichtige Rolle spielen.

Im vorliegenden Zusammenhang ist festzuhalten, dass - aus leicht einsehbaren Gründen - nicht alle Treibhausgase erfasst werden. Es ist abzuklären, inwiefern diese Lücken im Rahmen der Energieperspektiven geschlossen werden können.

3. TREIBHAUSEFFEKTE: IDENTIFIZIERUNG DER KOSTEN

Die Kosten von Treibhauseffekten werden unterschiedlich erfasst und mit verschiedenen Methoden erhoben (1):

- Schadenskosten: Monetäre Bewertung von möglichen Schadensszenarien

- Vermeidungskosten: Aufwendungen für Massnahmen zur Vermeidung von Klimaveränderungen

- Zahlungsbereitschaft: Bereitschaft einzelner Akteure der Gesellschaft und Wirtschaft Einkommen einzusetzen, um Klimaveränderungen zu verhindern.

Im folgenden wird auf den empirischen Stand der Forschung in der Schweiz eingegangen, die mit den drei Ansätzen bisher durchgeführt wurden.

3.1 Berechnung der Schadenskosten

Zu den Schadenskosten bestehen für die Schweiz bisher keine eigentlichen Analysen. In verschiedenen Arbeiten werden einzig ausländische Untersuchungen zitiert und in geeigneter Form für die jeweiligen Problemstellungen verfügbar gemacht.

a) Infras-Studie: Kosten im Strom- und Wärmebereich

So finden sich in einer infras-Studie (BEW(Söef)/BFK(Pacer)/AFB; Kosten im Strom- und Wärmebereich - Entwurf Schlussbericht, 1993a) Hinweise auf sechs ausländische Studien. Es werden untere, mittlere und obere Kostengrenzen in Fr. pro Tonne CO2 angegeben.

Kosten des Treibhauseffektes gemäss Studie infras (1993a)

	Franken/Tonne CO2
Untergrenze	2,5 bis 1'330.-
Obergrenze	24,0 bis unendlich

Die Angaben zeigen, dass eine äusserst grosse Spannweite der Kostenschätzungen vorliegt. Die Untergrenzen für eine Tonne CO2 liegen beinahe bei Null Franken. Die Obergrenzen werden teilweise mit unendlich angegeben.

. Für die theoretischen Erläuterungen zu den einzelnen Kostenelementen sowie Erfassungsmethoden vergleiche beispielsweise: Lufthaushalt, Luftverschmutzung und Waldschäden in der Schweiz, Ergebnisse aus dem Nationalen Forschungsprogramm 14, Band 3 (Autor: Hornung D.), Zürich 1991.

Die Autoren machen denn auch auf die problematische Ermittlung der Schadenskosten aufmerksam:

"- Die Entwicklung der Klimaveränderungen infolge der CO2-Emissionen ist zurzeit immer noch schwer abschätzbar. Zum Beispiel besteht das Risiko singulärer Ereignisse wie dem Kippen des Golfstromes mit kaum abschätzbaren Auswirkungen.

- Die Schadensszenarien sind noch relativ wenig entwickelt. Vor allem erlauben sie keine zuverlässigen (gross-)regionalen Aussagen, so dass die Voraussagen der Auswirkungen der Klimaveränderungen noch mit sehr grossen Unsicherheiten verbunden sind.

- Die bisherigen Kostenschätzungen sind entweder sehr pauschal oder dann beschränken sie sich fallstudienartig auf bestimmte Schadensbereiche (z.B. Bau von Küstendämmen) und/oder Regionen.

- Die Quantifizierung der Schäden wirft heikle Bewertungsprobleme auf: Wahl der Diskontrate, Bewertung von Schäden und Menschenleben in verschieden entwickelten Weltregionen."

Die infras-Autoren ziehen denn auch den Schluss, dass es schwierig ist, die Schadenskosten des Treibhauseffektes zu ermitteln.

b) Nationales Forschungsprogramm Stadt und Verkehr (NFP 25)

Im Rahmen des Nationalen Forschungsprogrammes Stadt und Verkehr haben zwei Studien versucht, die Kosten des Teibhauseffektes für den Verkehr zu berücksichtigen:

b1) Untersuchung Ecoplan
Die Untersuchung Ecoplan (Externe Kosten im Agglomerationsverkehr - Fallbeispiel Region Bern, Zürich 1992) stützt sich ebenfalls auf zahlreiche internationale Studien ab: Es wird ein Wert von 20 Rappen pro Liter Benzin oder 1,9 Rp./Fzkm für einen Privatwagen als Untergrenze bestimmt, was rund 90 Franken pro Tonne CO2 entspricht. Mit aller Deutlichkeit wird auf die sehr grosse Unsicherheit der Schätzung hingewiesen.

b2) Untersuchung infras
Zu etwas höheren Werten (3 Rp./Pkm) gelangt eine Studie infras (Internalisieren der externen Kosten des Verkehrs - Fallbeispiel Agglomeration Zürich, Zürich 1992), was primär durch eine andere Berechnungsmethode zu erklären (Berechnung der notwendigen Abgabenhöhe, die erlaubt, die CO2-Ziele des Bundesrates - CO2-Reduktion um 20% bis 2005 - zu erreichen).

Von einer eigentlichen Berechnung der Treibhauskosten, wenn auch nur auf den Verkehr beschränkt, kann somit auch in den obigen Studien nicht gesprochen werden.

c) Bezug zu den Schadenskosten im Rahmen des NFP 31

Im Rahmen des Nationalen Froschungsprogrammes 31 ist bisher ein Auftrag erteilt worden, die sich speziell mit den Fragen der Schadenskosten befasst (Crivelli R., Changements climatiques et

catastrophe naturelle, 1. Zwischenbericht/NFP 31/vertraulich, Bellinzona 1993).
Zudem sind zwei Studien hervorzuheben, die sich mit den wirtschaftlichen Auswirkungen des Treibhauseffektes beschäftigen.

c1) Crivelli: Changements climatiques et catastrophe naturelle
Crivelli will die Effekte von Naturkatastrophen bestimmen und bewerten (Crivelli R., Changements climatiques et catastrophe naturelle, 1. Zwischenbericht/NFP 31/vertraulich, Bellinzona 1993).

Dabei sollen materielle und immaterielle ökonomische Effekte einbezogen werden. Zudem besteht die Absicht, unmittelbare und auch induzierte Wirkungen zu analysieren, d.h. jene Effekte einer Naturkatastrophe, die in den mit dem beschädigten Gebiet wirtschaftlich verbundenen Gebieten zu erwarten sind.

In methodischer Hinsicht werden für Naturkatastrophen Kategorien bzw. Typen gebildet, die auf homogene Ereignisse und Gebiete übertragbar sein sollen: Es werden auf die Region Surselva und das Tessin angewendet.

Zur Zeit ist es noch eine offene Frage, inwiefern die angestrebten Analysen einen Konnex zwischen den Naturkatastrophen und den möglichen Klimaveränderungen herstellen lassen. Ebenfalls ist die Verallgemeinerung der Resultate noch unklar.

c2) Studie Rieder
Weiter ist auf die Studie Rieder zu verweisen (Klimaveränderungen und Naturkatastrophen: Oekonomische Implikationen auf die Landwirtschaft und ihr Umfeld aus globaler, nationaler und regionaler Sicht, 1. Zwischenbericht 1993/vertraulich). Die Studie lässt erwarten, dass national und regional recht präzise Aussagen für die Veränderung der landwirtschaftlichen Produktionsfunktion (Zu- oder Abnahme der landwirtschaftlichen Erträge bei einer Veränderung des Klimas bzw. der Witterung) gemacht werden können.

Damit wird eine wichtige Grundlage geschaffen, um monetär bewertete Schadenskosten für den Bereich Landwirtschaft - wenn vermutlich auch nur teilweise - zu erarbeiten. Die entsprechenden Schritte können ev. direkt im Rahmen des Projektes Rieder durchgeführt werden.

c3) Studie Elsasser
Das Projekt Elsasser (Klimaänderung und Tourismus, NFP 31, Zwischenbericht 1993/vertraulich) geht den wirtschaftlichen Auswirkungen allfälliger Klimaveränderungen auf den Tourismus nach: Dabei liegen bereits erste Berichte vor (Auswirkungen von Klimaveränderungen auf den Tourismus - Verlust an Vielfalt - Konzentration in Touristikzentren, in: Montagna 11/92, Brugg 1992, S. 6-8.), welche wichtige Effekte beschreiben:

- Abnahme bzw. Zunahme der touristischen Nachfrage in einzelnen Regionen
- Veränderung der touristischen Investitionen (Transportmittel, Hotellerie, Parahotellerie usw.) in einzelnen Regionen

Eine Umfrage wird zudem über das Problembewusstsein und mögliche Anpassungsmechanismen von Verantwortlichen des Tourismus Auskunft geben.

Somit stellt auch die Studie Elsasser eine erste Grundlage für die Berechnung von Schadenskosten dar. Es ist anzunehmen, dass mit einem relativ kleinen Aufwand monetäre Schätzungen realisiert werden könnten.

d) SPP Umwelt Modul 1: Climate and Environment in Alpine Regions: modelling and innovative action

Dieses Modul des SPP Umwelt ist stark durch die Arbeiten des Nationalen Forschungsprogrammes 31 vorgespurt worden. Zu verweisen ist u.a. auf die Arbeiten von Davies, Wanner und Ohmura. In einem gewissen Sinne führt das SPP Umwelt Untersuchungen des NFP 31 fort.

Der Stand der Arbeiten kann dem Zwischenbericht von C.H. Davies (Scientific Report on the coordinated Project "CLEAR" (Climate and the Environment in the Alpine Regions) entnommen werden. Es sollten folgende Fragen behandelt werden:

- Zukunft des Klimas in den alpinen Regionen
- Veränderungen der Umwelt
- Zusammenhänge zu globalen und lokalen Veränderungen
- Ungewissheiten
- Uebernahme der Verantwortung zugunsten der Alpen

Spezifischere Angaben fehlen zur Zeit noch. Es kann z.B. nicht gesagt werden, inwiefern die zu erwartenden Resultate als Grundlage für eine Schadenskostenberechnung geeignet sein werden. Allenfalls ist in diese Richtung eine Koordination anzustreben, um eine Monetarisierung in die Wege zu leiten.

e) Ausländische Studien

Zum Bereich Schadenskostenberechnungen liegt eine sehr grosse Zahl von ausländischen Studien vor. Sie können an dieser Stelle nicht behandelt werden.

Einzig ein Zitat aus einer Prognos-Studie soll die Thematik "Schadenskosten" nochmals etwas umreissen (Prognos-Studie im Auftrag Bundesministeriums für Wirtschaft, Externe Kosten, Basel/Bonn 1992):

"Genaue Quantifizierungen zu Klimveränderungen sind spekulativ. Vereinzelte Zahlenwerte können höchstens als Beispielrechnung dienen. Die globale Dimension der Beschädigung von Mensch und Umwelt durch Klimaveränderungen ist praktisch nicht quantifizierbar."

Prognos bezeichnet die Schadenskosten als praktisch unendlich. Eine Monetarisierung sei deshalb obsolet. Ein Abwägen, ob eine Reduktion von Schadenskosten lohnend sei, wird nicht mehr als sinnvoll bezeichnet.

Im Gegensatz dazu stehen amerikanische Studien (z.B. Nordhaus), welche die Schadenskosten global wie auch regional als relativ gering bezeichnen. Sie empfehlen deshalb, im Moment nur Massnahmen mit geringen Kostenfolgen zu ergreifen.

Fazit

Für die Schweiz liegen noch keine eigentlichen Schadenskostenberechnungen vor. In den Studien infras und Ecoplan werden ausländische Ergebnisse auf die Schweiz übertragen. Insgesamt besteht eine grosse Unsicherheit über mögliche Schadenskosten in der Schweiz.

Die Studie Crivelli im Rahmen des NFP 31 lässt erwarten, dass mit der Bewertung von Naturkatastrophen in bestimmten Gebieten zumindest wichtige Erfahrungen gemacht werden. Inwiefern monetäre Ergebnisse resultieren, die vor allem auch auch auf Klimaschäden übertragen werden können, ist zur Zeit noch eine offene Frage.

Die Studien Rieder und Elsasser werden für die Bereiche Landwirtschaft und Tourismus wichtige Effekte von Klimaänderungen erfassen. Sie werden erste Grundlagenarbeiten für eine allfällige Monetarisierung der Schadenskosten in die Wege leiten. Die Arbeiten des NFP 31 können als Erprobung und ersten Schritt für eine schweizerische Schadenskostenberechnung für Teilgebiete bzw. -bereiche betrachtet werden.

Der Stellenwert des SPP Umwelt bezüglich Schadenskosten lässt sich zur Zeit nicht einschätzen.

Forschungsstrategisch ist zu überlegen, inwiefern die Schweiz in den nächsten Jahren mit weiteren Schadensberechnungen für ihr Gebiet oder Teilregionen nachziehen will. Dabei könnten Unsicherheiten - die naturgemäss in Abhängigkeit zu den konstruierten Schadensszenarien stehen - keineswegs definitiv ausgeräumt werden. Immerhin liessen sich Rückschlüssse auf unter- bzw. überdurchschnittlich hohe Schadenskosten vornehmen. Die Kosten einer allfälligen Klimaveränderung könnten plausibel gemacht werden. Anhaltspunkte für eine nationale Belastung der CO2-Emissionen, aber auch Anstrengungen im internationalen Kontext, wären zu gewinnen.

3.2 Die Vermeidungskosten

In der Literatur zur ökonomischen Klimaforschung wird grosses Gewicht auf die Schätzung der Vermeidungskosten gelegt:
Es werden die (Zusatz)-Kosten berechnet, die notwendig sind, um ein als tolerierbar erachtetes Emissionsniveau aktiv zu erreichen. Dabei hängen die Vermeidungskosten entscheidend vom Reduktionsziel ab: Je ambitiöser und je kurzfristiger die Reduktionsziele gesetzt werden, desto höhere Kosten sind zu erwarten. Eine Definition der Reduktionsziele in zeitlicher und mengenmässiger Hinsicht gegenüber der Referenzentwicklung ist somit unumgänglich.

Für die Schweiz sind in jüngster Zeit einige recht umfassende und gut abgestützte Studien zu den Vermeidungskosten entstanden:

a) Prognos-Studie: Substitutionsmöglichkeiten zur Reduktion der CO2-Emissionen und Gesamtoptimierung einer CO2-Strategie

Unter dem Titel "Substitutionsmöglichkeiten zur Reduktion der CO2-Emissionen und Gesamtoptimierung einer CO2-Strategie" ist im Auftrag des Bundesamtes für Energiewirtschaft eine Studie von der Prognos erarbeitet worden. Es wurden die Möglichkeiten zur CO2-Reduktion in den Bereichen

Raumwärme/Warmwasser,
Stromverbrauch der privaten Haushalte und des Kleinverbrauchssektors,
Industrie,
Verkehr sowie der Beitrag regenerativer Energien

untersucht (2).

Dabei wurden vier Varianten unterschieden (Variante A: Importstrom CO2-frei; B: Importstrom mit CO2-Faktor von 90 Kg CO2/GJ; C: Beachtung der Methanverluste bei Gastransport; D: Einbezug von Blockheizkraftwerken). Die Berechnungen wurden auf das Jahr 2005 bzw. 2025 ausgerichtet. Insgesamt wurden weit über 100 Massnahmen untersucht.

Die Resultate weisen je nach Bereich (Raumwärme/Warmwasser usw.) bzw. Massnahme (z.B. unterschiedliche Sparmassnahmen) auf eine grosse Spannbreite der Kosteneffizienz hin:

Die günstigsten Massnahmen (z.B. Substitution Erdöl durch Gas bei einem Mehrfamilienhaus, Baujahr 76-89) betragen rund Fr. 10.-/t CO2.

---

2 Wichtige Vorarbeiten für die Prognos-Studie stellen die beiden Untersuchungen von Basler/Hoffmann sowie Wüest/Gabathuler dar:
- In der Studie von Basler/Hoffman (Energiesparpotentiale und Energiesparkosten, Zürich 1992) werden für 12 Massnahmen die Energiesparkosten für Haushalte und Dienstleistungen ermittelt und der eingesparten Energie gegenübergestellt. Aufgrund der spezifischen Kosten lassen sich die Massnahmen in eine Reihenfolge bringen, welche die zunehmenden Grenzkosten abbilden. Zudem lässt sich die Rentabilität der Massnahmen bestimmen.
- Die Studie Wüest/Gabathuler (Gebäudepark Schweiz, Zürich 1991) diente zur Verbesserung der Grundlageninformationen über den Verbrauch fossiler Energieträger im schweizerischen Gebäudepark. Darauf aufbauend wurde die zukünftige Entwicklung der CO2-Emissionen und die Quantifizierung von Sparpotentialen anhand vorgegebener Massnahmenpakete vorgenommen.

Eine dritte Untersuchung (Tecova AG, CO2-Bilanzierung der Elektrizität unter Berücksichtigung des Aussenhandels, Wohlen 1992) analysiert die CO2-Emissionen, die aufgrund des internationalen Stromverbundes entstehen: Der Stromimport verursacht relativ hohe CO2-Emissionen, der Export induziert im Ausland CO2-Reduktionen.

Die teuersten Massnahmen (z.B. Aussenisolation bei einem Einfamilienhaus mit Wärmepumpe) kommen auf rund Fr. 80'000.-/t CO2 zu stehen.
Ein Grossteil der Massnahmen beläuft sich auf Fr. 100.-/t CO2 bis Fr. 500.-/t CO2.

In einem weiteren Schritt wurde versucht, einen kostenminimalen Massnahmenmix zusammenzustellen und daraus abgeleitet für bestimmte CO2-Reduktionsziele die Gesamtkosten zu berechnen:

Bei einer CO2-Reduktion von 10% bis ins Jahr 2005 liegen diese je nach Variante zwischen 1830 und 2920 Millionen Franken (unter 1% des BSP).

Bei 20% sind es zwischen 5'400 Mio. Franken pro Jahr und 13'000.- Mio. Franken pro Jahr.

Für das Jahr 2025 ergibt sich eine Spannbreite von 8'950 Mio. Fr. bis 12'800 Mio. Fr. pro Jahr.

Ganz deutlich zeigt sich, dass bei ambitiöseren Reduktionszielen die Kosten überproportional steigen. Die Grenzkosten nehmen - unter Beachtung der heute bekannten Massnahmen zur CO2-Reduktion - enorm zu.

Geringe volkswirtschaftliche Auswirkungen (Vergleiche dazu auch Kapitel 5)
Die Prognos-Studie enthält auch interessante Schätzungen zu den volkswirtschaftlichen Auswirkungen, die mit einer Input-Output-Analyse für eine Maximalsparvariante für das Jahr 2005 berechnet wurden. Berücksichtigt wurden einerseits die Minderausgaben aufgrund der Energieeinsparungen und die Mehrausgaben für Investitionen und Bauten. Weitere Transaktionskosten fanden keine Beachtung. Die wichtigsten Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Erhöhung der **Bruttowertschöpfung** um 0,4% pro Jahr gegenüber Referenzentwicklung: Diese Zunahme ist mit der erhöhten Inlandnachfrage und der Abnahme der Auslandnachfrage (v.a. weniger Import fossiler Energieträger) zu erklären.
In sektorieller Hinsicht werden der Oel/Gas/Kohle Sektor als Verlierer ausgemacht. Gewinner sind die investitionsnahen Branchen Bau, Maschinen/Metallwaren sowie die Industrie der Steine und Erden.

Die **Beschäftigungseffekte** werden gesamtwirtschaftlich als unbedeutend bezeichnet. Immerhin weisen die Bauwirtschaft Gewinne gegenüber der Referenzentwicklung von 9%, die Industrie der Steine und Erde von +5% und die Metallindustrie von +2,2% aus.
Verlierer sind - neben den Bereichen Oel/Gas/Kohle mit -15% - verschiedene Branchen wie die chemische Industrie mit 0,2% und das Gastgewerbe mit -3,2%.

Zu den volkswirtschaftlichen Effekten schliesst die Prognos-Studie mit folgender Feststellung: "Insgesamt sind die messbaren gesamtwirtschaftlichen Konsequenzen der CO2-Reduktion als gering einzuschätzen. In einzelnen Sektoren der Volkswirtschaft kann es dagegen zu spürbaren Veränderungen kommen."

b) infras-Studie

Die bereits erwähnte infras-Studie (1993a) stützt sich bei der Analyse der Vermeidungskosten weitgehend auf die Prognos-Ergebnisse ab.

Zudem werden einige bemerkenswerte Schlussfolgerungen gezogen:

- Ein Reduktionsziel von 50% bis ins Jahr 2025 ist als recht ambitiös zu bezeichnen: "Es wäre für die Schweiz wahrscheinlich einiges billiger, einen Teil der Reduktionen im Ausland zu "kaufen" (z.B. durch CO2-Sparmassnahmen im ehemaligen Ostblock). Es müsste auch geprüft werden, ob im Falle der Schweiz nicht andere Treibhausgas-Emissionen kostengünstiger reduziert werden könnten (FCKW, Methan)". (infras 1993a, S. 76)

- Es gilt zu beachten, dass alle Berechnungen der Vermeidungskosten unter der Annahme heutiger Technologien durchgeführt werden. Bei neuen CO2-armen Technologien, die sowohl kostengünstig wie auch risikoarm sind, dürften sich ganz neue Ergebnisse einstellen. Die Abschätzung zukünftiger Technologientwicklungen wird somit zu einer zentralen Fragestellung.

c) infras-Studie: CO2-Perspektiven Verkehr

In einer infras-Studie (CO2-Perspektiven Verkehr - Grundlagen für die Gesamt-Optimierung, Zürich 1992) sind speziell die Vermeidungskosten für den Verkehr berechnet worden, die zur CO2-Reduktion per 2005 mit -20% bzw. das Jahr 2025 (-20%, -40%, -60%) notwendig sind.

Es werden folgende Kosten pro Tonne (vermiedene) CO2-Emissionen ermittelt:

Reduktionsziel	Gemäss Top-Down Ansatz	Gemäss Bottom-Up Ansatz
- 20% per 2005	ca. 230 Fr.	100-500 Fr.
- 20% per 2025	ca. 50 Fr.	< 50 Fr.
- 40% per 2025	ca. 120 Fr.	ca. 50 Fr.
- 60% per 2025	ca. 270 Fr.	> 100 Fr.

Die Schlussfolgerungen lauten:

- Die Kosten steigen mit zunehmendem Reduktionsziel überproportional an. Nimmt das Ziel um einen Faktor 3 zu, so steigen die Kosten um einen Faktor 5.

- Die Prioritätenfolge der Massnahmen wird aufgrund der spezifischen Kosten wie folgt festgelegt:

1. Technische Massnahmen wie Verbrauchsstandards bzw. Fahrverhaltensanpassungen
2. Substitution von alternativen Antrieben
3. Substitution mit Verhaltensänderungen (z.B. OeV-Förderung)

Auf die Analyse der Ergebnisse aufgrund der verwendeten Ansätze (Bottom-Up versus Top-Down) wird an dieser Stelle nicht eingegangen.

d) Institut für empirische Wirtschaftsforschung: Saubere Luft

Im September 1993 ist eine Studie des Instituts für empirische Wirtschaftsforschung der Universität Zürich (Bretschger L., u.a. 1993) mit dem Titel "Saubere Luft im Kanton Zürich" erschienen.

Sie behandelt in einem ersten Teil die Kosten-Wirksamkeit von folgenden 12 Massnahmen zur Luftreinhaltung:

- Sanierung Heizungen
- Katalysator
- VOC-Lenkungsabgabe 5 Fr./kg
- Sanierung Benzinumschlagskette
- Treibstoff-Lenkungsabgabe 1.- Fr./l
- Entstickungsanlage KVA
- Low-NOx-Triebwerke bei Flugzeugen
- Temporeduktion für LWs auf Autobahnen
- Abgabe auf Beschäftigtenparkplätze 3.- Fr./Tag
- Temporeduktion auf Quartierstrassen
- Verbrauchsabhängige Heizkostenabrechnung
- Temporeduktion für PWs auf Autobahnen
- Gebäudeisolation innen
- Anwohnerbevorzugung (blaue Zone)
- Gebäudeisolation aussen
- Wärmepumpen

In den detaillierten Kostenschätzungen werden folgende Kosten-Kategorien berücksichtigt:

- Transaktionskosten (u.a. Einführungs- und Vollzugskosten)
- Kapital- und Betriebskosten (Annuität)
- Rentenverluste
- Zeitkosten (z.B. bei geringeren Tempos)
- Verminderung externer Kosten
- Energieeinsparungen

Die einzelnen Kostenkategorien werden dabei stark durch die Zinskosten, die Energiekosten sowie die Freizeitkosten determiniert. Alle entsprechenden Annahmen werden transparent dargestellt.

Die Wirksamkeit der Massnahmen wird für folgende Schadstoffe bzw. Emissionen berechnet:

- Stickoxyde
- Flüchtige organische Verbindungen (VOC)
- Schwefeldioxyd
- Kohlenmonoxid

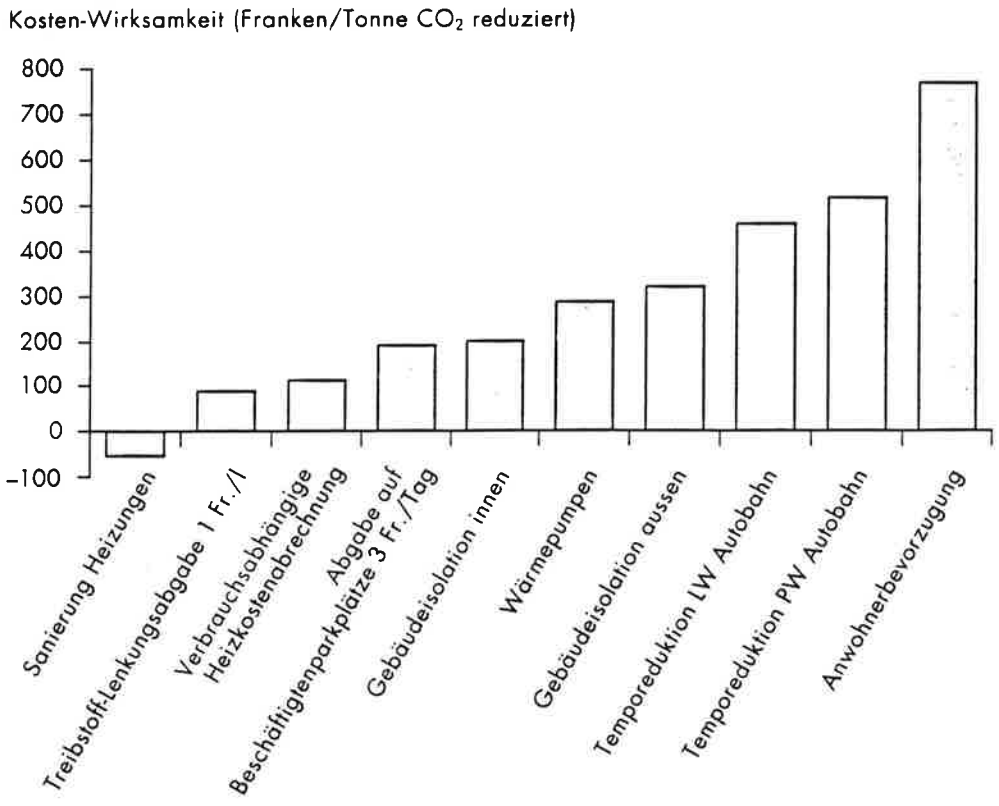
Kohlendioxid (CO2)
Staub und Russ

Dabei werden die Schadstoffe bzw. die Emissionen zu einem Index zusammengeführt, wobei für die Gewichtung die Einhaltung der jeweiligen Emissions- und Immissionsgrenzwerte bzw. die CO2-Zielsetzungen des Bundesrates beigezogen werden. Konkret heisst dies, dass beispielsweise die Stickoxide oder die VOC gegenüber dem Schwefeldixod mit einem wesentlich höheren Gewicht in den Gesamtindex einfliessen.

Für alle wichtigen Annahmen wie Zinsen, Energiepreise, aber auch die Indexbildung der Schadstoffe sind umfassende Sensitivitätsanalysen durchgeführt worden.

In unserem Zusammenhang ist von speziellem Interesse, dass neben den Schadstoffen auch die CO2-Emissionen berücksichtigt werden. Für 10 Massnahmen, die zur Reduktion des CO2 beitragen, wird folgende Rangfolge präsentiert.

Abbildung 1: Kosten-Wirksamkeit: Massnahmen zur Reduktion der CO2-Emissionen (Quelle: Betschert L., u.a., Saubere Luft)



Die wichtigsten Resultate können wie folgt zusammengefasst werden:

- Die untersuchten Massnahmen weisen grosse Effizienzunterschiede auf. So variiert die als Kosten-Wirksamkeit ausgedrückte Effizienz zwischen einzelnen Massnahmen um mehr als den Faktor 100. Mit einer effizienten Massnahme kann dieselbe lufthygienische Wirkung 100mal kostengünstiger erreicht werden als mit einer ineffizienten Massnahme.

- Bezüglich der CO2-Reduktion sind die Sanierung der Heizungen, eine Treibstoff-Lenkungsabgabe besonders wirksam. Werden alle Emissionen beachtet, so ergibt sich eine leicht andere Reihenfolge bezüglich Kosten-Wirksamkeit der Massnahmen.

- Dabei weisen die besonders effizienten Massnahmen gleichzeitig auch eine grosse lufthygienische Wirkung d.h. hohe Mengeneffekte auf. Dies führt dazu, dass bei einer entsprechenden Auswahl der zu realisierenden Massnahmen mit 12% der Kosten 91% der Wirkung erzielt werden.

- Die ausführlichen Sensitivitätsanalysen zeigen, dass die Reihenfolge der untersuchten Massnahmen nach ihrer Kosten-Wirksamkeit äusserst stabil ist. Insbesondere ergeben die Aenderungen der Schadstoffindexes (d.h. eine unterschiedliche Gewichtung der einzelnen Schadstoffe) nur kleine Aenderungen der Reihenfolge der Massnahmen.

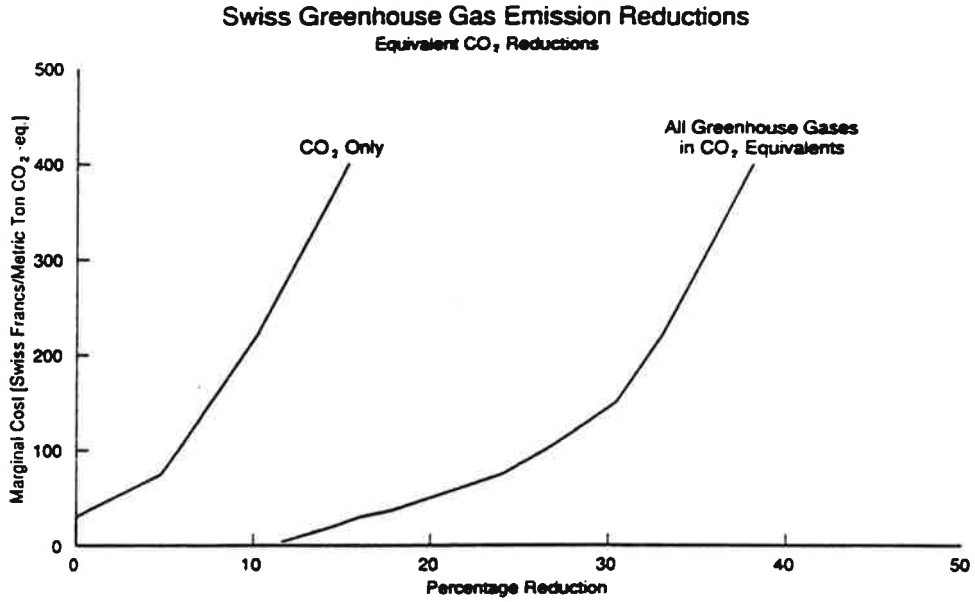
- Die Realisierung der effizienten und wirkungsvollen Massnahmen führt für den Kanton Zürich zu volkswirtschaftlichen Kosten von 54 Mio. Franken. Dies entspricht einem Promille des kantonalen Volkseinkommens oder 50 Franken pro Einwohner und Jahr. Mit diesen Aufwendungen kann die Luftbelastung erheblich reduziert werden, wenn auch die Ziele der Luftreinhalteverordnung und des Luftreinhaltekonzeptes noch nicht erreicht werden.

e) PSI: The Swiss Energy System and Greenhouse Gas Scenarios

In einer Studie am Paul Scherrer Institut (PSI/The Swiss Energy System and Greenhouse Gas Scenarios, o.J.) sind zwei Energieszenarien mit entsprechenden Emissionsfaktoren durchgerechnet worden. Die Annahmen werden ausführlich dargestellt. Die Ergebnisse sind aber aufgrund der zur Verfügung stehenden Unterlagen nicht unbedingt sehr gut nachvollziehbar.

Im vorliegenden Zusammenhang sind vor allem die Schätzungen zu den Vermeidungskosten von Interesse. Sie sind in Grafik 1 wiedergegeben.

Grafik 1: Marginale Vermeidungskosten zur Reduktion der Treibhausgase



Die Grafik zeigt, dass bei einer Reduktionsstrategie, die sich auf die CO2-Belastungen konzentriert, rasch stark ansteigende Grenzkosten entstehen:
Bei einer Reduktion um 10% der CO2-Emissionen gegenüber 1990 müssen für eine Tonne CO2 bereits Fr. 100.- aufgebracht werden, bei Minus 15% sind es ca Fr. 400.- (3).

Werden hingegen alle weiteren Treibhausgase (Methan, Lachgas usw.) in die Reduktion einbezogen, so ergeben sich wesentlich geringere Grenzkosten. In CO2-Aequivalenzen ausgedrückt (es werden international anerkannte Umrechnungsfaktoren angenommen), kann mit Fr. 400.-/Tonne eine Reduktion von 40% erzielt werden.

Diese Angaben zeigen auf eindrückliche Weise, dass für eine effiziente Reduktionsstrategie alle Treibhausgase einzubeziehen sind. Gerade in der Schweiz mit einer relativ hohen Energieeffizienz, können entscheidende Kostenvorteile erzielt werden.

Fazit

Die Studien zur Kostenvermeidung haben in der Schweiz ein hohes Niveau erreicht. Die wichtigsten Bereiche (Haushalte, Industrie, Dienstleistungen, Verkehr) werden systematisch abgedeckt. Dank den

---

3 Es ergeben sich im Vergleich zu Prognos, infras und der Uni Zürich wesentlich höhere Grenzkosten. Aufgrund der Unterlagen können die Unterschiede nicht erklärt werden.

ausführlichen Sensitivitätsanalysen besteht eine grosse Sicherheit bezüglich der Validität der Ergebnisse. Zur Zeit drängt sich in den bearbeiteten Bereichen kaum eine Vertiefung auf.

Immerhin ist festzuhalten, dass nur in der Studie des PSI - neben dem CO2 - die anderen Treibhausgase einbezogen werden. Diese Untersuchung macht denn auch sichtbar, dass bei einem Einbezug aller Treibhausgase vermutlich wesentlich günstigere Reduktionstrategien eingeschlagen werden können.

Zudem ist zu überlegen, inwiefern sich weitere Untersuchungen mit massiven Technologiesprüngen aufdrängen: In diesem Zusammenhang ist etwa auf ein Szenario "Wasserstofftechnologie und/oder Solarenergie" zu verweisen, das in längerer Frist zu massiven und auch kostengünstigen Treibhausgasreduktionen führen könnte.

3.3 Zahlungsbereitschaft

Mit der Zahlungsbereitschaft wird erfasst, wieviel eine Person bereit ist, für eine bestimmte Luft- bzw. CO2-Verbesserung aufzuwenden. Sie entspricht nach ökonomischem Verständnis dem Wert, den ein Individuum einer verbesserten Luft beimisst.

Dabei bestehen im wesentlichen zwei Ansätze für die Erfassung der Zahlungsbereitschaft:

Markt-Preisansatz oder Marktbeobachtungsansatz:
Es werden Preisvergleiche von Gütern mit unterschiedlicher Umweltqualität vorgenommen, z.B. die Miethöhe oder die Grundstückspreise in verschieden belasteten Wohngebieten.

Umfragen oder Befragungsansätze:
Personen werden befragt, wieviel sie bereit sind für eine verbesserte Umweltqualität zu bezahlen.

Für die Schweiz liegen zwei Untersuchungen zur Zahlungsbereitschaft im Zusammenhang mit der Luftbelastung vor:

a) Iten

Iten (Die mikroökonomische Bewertung von Veränderungen der Umweltqualität - Dargestellt am Beispiel der Stadt Zürich, Zürich 1990) bewertete die Luftqualität für die Stadt Zürich anhand der Wohnungsmieten.

b) Institut für empirische Wirtschaftsforschung

Betschger L., u.a. (1993) untersuchten im Rahmen der oben erwähnten Studie "Saubere Luft" die Zahlungsbereitschaft für die Stadt Zürich.

Die wichtigsten Ergebnisse können wie folgt zusammengefasst werden:

- "Die Wertschätzung verschiedener Bevölkerungskreise für eine Verbesserung der Luftqualität ist unterschiedlich hoch. So zeigt sich, dass Männer bessere Luft tiefer bewerten als Frauen.

- Die Zahlungsbereitschaft steigt mit zunehmendem Einkommen. Die Zahlungsbereitschaft der Männer (Fr. 345.- bis Fr. 705.- pro Monat bei einem Durchschnittseinkommmen von Fr. 6050.- pro Monat) sind höher als diejenige der Frauen (Fr. 274.- bis Fr. 545.- bei einem Durchschnittseinkommen von Fr. 4150.-), weil die Männer ein höheres Druchschnittseinkommen besitzen.

- Es lässt sich feststellen, dass der Informationsgrad über die Folgen der Luftverschmutzung eng mit der Wertschätzung besserer Luft zusammenhängt. Gut informierte Personen haben sehr viel höhere Zahlungsbereitschaften als schlecht informierte."

- Die Ergebnisse zur Zahlungsbereitschaft werden durch die aktuelle politische Diskussion und die wirtschaftliche Situation mitgeprägt: Zur Zeit der Umfrage (Frühjahr 1990) genoss das Thema Luftreinhaltung einen hohen Stellenwert und es herrschte Hochkonjunktur.

Die Ergebnisse dürfen als sehr interessant bezeichnet werden. Es gilt aber zu beachten, dass die Luftemissionen nicht spezifiziert wurden: Allenfalls bestehen für die lokalen und regionalen Schadstoffe relativ hohe Zahlungsbereitschaften. Hingegen fallen diese wegen dem Trittbrettfahrereffekt für Treibhausgase vermutlich gering aus.

c) Laufende Untersuchungen

c1) infras: Monetäre Bewertung des Treibhauseffektes durch individuelle Zahlungsbereitschaften
Es ist im Rahmen der Sozio-Oekonomischen Energieforschung (Söef) eine Studie zur "Monetären Bewertung des Treibhauseffektes durch individuelle Zahlungsbereitschaften" im Entstehen begriffen (Bearbeitung infras).

Es liegt eine Berichterstattung über die Phase I vor, in der Zielsetzung und das Vorgehen, vor allem aber auch die Ergebnisse eines Pretests präsentiert werden (200 Personen interviewt).

Die definitiven Ergebnisse der Studie sind auf Ende Jahr zu erwarten. Dem Vernehmen nach soll die Zahlungsbereitschaft sehr gering sein. Definitive Erklärungen müssen abgewartet werden (z.B. Trittbrettfahrer-Verhalten).

c2) Genfer Studie im Rahmen von SPP Umwelt
Im Rahmen des Schwerpunktprogrammes Umwelt (SPPU) ist eine Untersuchung in Bearbeitung (Disponibilités des Suisses pour la protection de l'environnement), welche eine erweiterte Analyse der Zahlungsbereitschaft für den Verkehrsbereich vornehmen will.

Zur Zeit besteht ein Entwurf eines Fragebogens (Projektleiter: H.P. Kriesi, Bearbeiterin M. Bütschi, Dép. de science politique de

l'Université de Genève). Die Umfrage wird im Frühjahr 1994 durchgeführt. Die Ergebnisse sind auf Ende 1995 zu erwarten.

c3) Befragung im Kanton Tessin
In einer weiteren Studie im Rahmen des SPP Umwelt (Ratti R., Clear: Mobility Economics - Climate Change - Agents (MECCA), 1. Zwischenbericht) ist in Ansätzen eine Zahlungsbereitschaft erhoben worden, indem 20 Personen im Tessin über die Beurteilung der Umweltprobleme befragt wurden. Insbesondere wurde die Relevanz des Treibhauseffektes erfragt. Ebenfalls wurde abgeklärt, wie hoch die Bereitschaft ist, Massnahmen zu akzeptieren, die gegen den Treibhauseffekt wirken würden: Es stellte sich heraus, dass diese sehr gering ist. Daraus wird abgeleitet, dass vor allem technische Massnahmen zu ergreifen seien und entsprechende Innovationen anzuregen wären (verleiche dazu Kapitel Massnahmen). Ueber die effektive Validität der Ergebnisse kann erst nach Abschluss der Arbeiten etwas gesagt werden.

c4) Dürrenberger/Jaeger: Klimaänderung und Risikodiskurs
Im Rahmen des NFP 31 liegt bereits eine Vorstudie vor (Dürrenberger G., Jaeger C., Klimaänderung und Risikodiskurs, Vorstudie NFP 31, Zürich 1992), welche die ökonomisch orientierten Arbeiten weitgehend bestätigt. Dabei werden - aus soziologischer Sicht - für die relativ geringe Zahlungsbereitschaft folgende Gründe geltend gemacht: Fehlende sinnliche Wahrnehmung - zumindest vorderhand - der Treibhauseffekte sowie die Kluft zwischen Experten- und Laienkultur.

Fazit

Es liegen einige recht fundierte Studien zur Zahlungsbereitschaft vor, wobei die Luftreinhaltung als Generalthema behandelt wird, der Treibhauseffekt teilweise aber einen wichtigen Stellenwert einnimmt. Die vorliegenden Resultate sprechen eher für eine tiefe Zahlungsbereitschaft für Treibhausmassnahmen. Weitere Resultate sind in absehbarer Zeit zu erwarten.

Vorläufig sind für den Bereich "Zahlungsbereitschaft" kaum weitergehende Untersuchungen angezeigt. Es kann von den laufenden Forschungsarbeiten profitiert werden. Zu gegebener Zeit ist eine Auswertung aller Studien erstrebenswert.

Es kommt hinzu, dass die Berechnung der Zahlungsbereitschaft im Zusammenhang mit Klimaveränderungen grundsätzlich problematisch ist: Eine fehlende Zahlungsbereitschaft heisst noch nicht, dass grundsätzlich keine oder nur massvolle Massnahmen zur Reduktion der Treibhausgase eingesetzt werden sollen. Bei den befragten Akteuren kann nämlich ein ökonomisch rationales Trittbrettfahrer-Verhalten vorliegen: Nur wenn sie die Gewissheit haben, dass die Treibhausgase global bekämpft werden, lohnt es sich, eine angemessene Zahlungsbereitschaft zu bekunden.

Zudem sind sehr grosse Informationsprobleme nicht zu übersehen: Bereits auf der wissenschaftlichen Ebene bestehen recht grosse Probleme, um zu überzeugenden Resultaten - insbesondere für einzelne Regionen - über die möglichen Auswirkungen von

Klimaänderungen zu gelangen. Angesichts dieser Probleme ist es für die Laien schwierig, dass sie sich ein schlüssiges Bild über Schadensszenarien machen und sie darauf ihre Zahlungsbereitschaft plausibel abstützen.

4. MASSNAHMEN ZUR REDUKTION DES TREIBHAUSEFFEKTES

4.1 Ueberblick der Massnahmen

Die Massnahmen zur Bekämpfung sind weitgehend identisch mit den allgemein bekannten umweltpolitischen Instrumenten zur Luftreinhaltung. In Anlehnung an Frey (Frey R.L., u.a., Mit Oekonomie zur Oekologie - Analysen und Lösungen des Umweltproblemes aus ökonomischer Sicht, Basel 1991, S. 76) wird einleitend ein Ueberblick über mögliche Massnahmen präsentiert.

Tabelle 1: Ueberlick über Massnahmen des Umweltschutzes

Freiwilliger Umweltschutz	Verhaltensänderungen/Umweltethik - Oeko-Informationen - Umwelterziehung Einigung zwischen Schädigern/Geschädigten - Verhandlungen - Verbandslösungen
Technisch-planerischer Umweltschutz	Raumplanung Umweltverträglichkeitsprüfung Förderung neuer Produkte, Produktions- und Entsorgungstechnologien
Polizeilicher Umweltschutz	Gebote/Verbote Auflagen
Marktwirtschaftlicher Umweltschutz	
- Staatliche Zahlungen	Finanzhilfen Abgeltungen/Kompensationszahlungen
- Regulierungen	Emissions- und Lenkungsabgaben Emissionszertifikate/Lizenzen

Im folgenden werden die ausgeführten und laufenden Studien in der Schweiz zu obigen Umweltmassnahmen mit einem engen Bezug zur Treibhausproblematik kurz dargestellt.

4.2 Freiwilliger Umweltschutz

a) Verhaltensänderungen/Umweltethik

Dieser Massnahmenbereich spielt vor allem in der politischen Diskussion eine wichtige Rolle. In praktisch allen Programmen zur Reduktion des Treibhauseffektes werden verbesserte Oeko-Informationen, Beratungen und die Umwelterziehung erwähnt.

In der wirtschaftspolitischen Diskussion werden Verhaltensänderungen aufgrund von Informationen und Erziehung als eher gering eingeschätzt.
Wohl wird eine flankierende Funktion anerkannt. Eigentliche Verhaltensänderungen werden aber nur erwartet, wenn auch die Rahmenbedingungen, insbesondere die Preise der Umweltgüter, angepasst werden.

Eigentliche Untersuchungen sind für die Schweiz zu den Verhaltensänderungen über die Wirkungen von Informationen und Beratungen in Bezug auf den Treibhauseffekt keine bekannt. Es sind aber auch kaum sehr relevante Ergebnisse zu erwarten.

b) Einigung zwischen Schädigern/Geschädigten

Im Rahmen des SPP Umwelt ist ein Auftrag zu dieser Thematik erteilt worden: Selbstregulierung - Baustein für eine marktorientierte Umweltpolitik? (Brugger E.A., u.a., Erster interner Zwischenbericht). Gemäss Zwischenbericht liegen verschiedene Hypothesen zur Wirksamkeit von Umweltmassnahmen im Umfeld der Selbstregulierung vor. Inwiefern ein direkter Bezug zur Problematik Treibhauseffekte angestrebt wird, ist zur Zeit noch offen. Bis Herbst 1994 sind die Ergebnisse zu erwarten.

4.3 Technisch-Planerischer Umweltschutz

a) Raumplanung/Umweltverträglichkeitsprüfung

In diesen Bereichen bestehen keine wissenschaftlichen Untersuchungen mit einem direkten Bezug zum Treibhauseffekt. Selbstverständlich weisen mehrere Forschungsarbeiten im Bereich Raumplanung/Umweltverträglichkeitsprüfung indirekte Bezüge zur Treibhausproblematik auf.

Im Rahmen des SPP Umwelt ist eine Arbeit im Gang über die Möglichkeit von Energieeinsparungen bei einer Dezentralisierung von Arbeitsplätzen (Dürrenberger G., CLEAR: Innovative Response to Anticipated Climate Chance, 1. Zwischenbericht). Die Ergebnisse sind bis Ende 1994 zu erwarten.

b) Förderung neuer Produkte, Produktions- und Entsorgungstechnologien

b1) SPP Umwelt
Wiederum ist auf das SPP Umwelt zu verweisen, das in diesem Bereich einige Projekte aufweist:

Dürrenberger G., CLEAR: Innovative Response to Anticipated Climate Chance (1. Zwischenbericht): Neben den raumplanerischen Aspekten einer dezentralen Besiedlung und den Auswirkungen auf den Energieverbrauch (vergleiche oben) sollen ebenfalls die Innovation und Diffusion von schadstoffarmen bzw. schadstoffreien Fahrzeugen untersucht werden. Resultate sind bis Ende 1994 zu erwarten.

Ratti R., Clear: Mobility Economics - Climate Change - Agents (MECCA), 1. Zwischenbericht: Neben den bereits erwähnten Aspekten im Kapitel Zahlungsbereitschaft sollen zudem die Möglichkeiten einer breiten Nutzung der Neat im Kanton Tessin untersucht werden: Es besteht die Hoffnung, dank technologischen Innovationen sowie entsprechenden Anschlussmassnahmen einen breiten Umweltnutzen zu erzielen. Die Ergebnisse dürften vermutlich eher von regionaler Bedeutung sein.

b2) Impulsprogramm RAVEL
Im Rahmen von Ravel sind die künftigen Aus- und Weiterbildungsstrategien im Energiebereich evaluiert worden (IBFG, Künftige Aus- und Weiterbildungsstrategien für das Impulsprogramm RAVEL, Zürich/Basel 1992).

Dabei sind folgende Schritte durchgeführt worden:

Analyse der Grundlagentechniken
Anwendung Techniksysteme bis 2005
Analyse Energieverbrauch
Anforderungen an Forschung und Entwicklung - vorhandenes Know- how
Know-how Defizite

Die Arbeit vermittelt einen guten Ueberblick über die laufende und künftige Forschung und Entwicklung im Energiebereich, insbesondere Elektrizität.

Für weitere Untersuchungen im Bereich Forschung und Entwicklung stellt sie einen wichtigen Ausgangspunkt dar.

Fazit

Der Forschung und Entwicklung ist als Teilstrategie für eine Reduktion der Treibhausgase eine grosse Bedeutung beizumessen. Es gilt zu beurteilen, inwiefern weitere Abklärungen durch das NFP 31 unterstützt werden sollen.

4.4 Polizeilicher Umweltschutz

Darunter werden Gebote und Verbote verstanden, die zur Reduktion des Treibhauseffektes bereits heute recht zahlreich eingesetzt werden.

In der wirtschaftswissenschaftlichen Literatur werden die Gebots- und Verbotsregelungen im Vergleich zu einer marktwirtschaftlichen Reduktion des Treibhauseffektes eher kritisch oder gar ablehnend beurteilt:

- Es wird auf die Grenzen des Vollzugs hingewiesen (hohe Kosten, hohe Komplexität)
- Abnehmender Grenznutzen der Gebote und Verbote: Weitere polizeirechtliche Massnahmen erfordern unverhältnismässig hohe Kosten bei den Betroffenen

- Fehlende dynamische Effekte: Es werden keine Anreize zur Entwicklung und Verbreitung von treibhausarmen Produktionprozessen, Produkten und Dienstleistungen geschaffen
- Einschränkung des unternehmerischen Handlungsspielraumes: die Treibhausgase werden nicht dort reduziert, wo dies am kostengünstigsten möglich ist.

Obwohl diesen Argumenten weitgehend zuzustimmen ist, muss es immerhin als bemerkenswert bezeichnet werden, dass empirisch erhärtete Analysen über die ökonomischen Wirkungen von Geboten und Verboten in Bezug auf den Treibhauseffekt in der Schweiz erst in Ansätzen bestehen. Es ist nicht auszuschliessen, dass in einzelnen Bereichen wirksame und kostengünstige Gebote und Verbote zur Reduktion des Treibhauseffektes bestehen.

Beispielsweise ist auf die Einführung von Verbrauchsstandards bei Fahrzeugen und Geräten zu verweisen, die doch beachtliche Potentiale aufzeigen. Allerdings sind die bisherigen Ueberlegungen dazu "nur" statischer Natur (vergleiche dazu: CO2-Perspektiven im Verkehr, Zürich 1992. Prognos, Substitutionsmöglichkeiten zur Reduktion der CO2-Emissionen und Gesamtoptimierung einer CO2-Strategie, Basel 1992.). Die längerfristigen Effekte, insbesondere die Auswirkungen auf den Wettbewerb sowie die Forschung und Entwicklung, sind bisher nicht untersucht worden.

Fazit

Es ist anzuerkennen, dass der Handlungsspielraum für Gebote und Verbote auch in Bezug auf die Reduktion des Treibhauseffektes recht weit ausgereizt ist. Trotzdem sind gewisse Potentiale, die mit Geboten und Verboten kostengünstig ausgeschöpft werden könnten, allenfalls nicht zu unterschätzen.

Falls eine ökonomische Analyse von Massnahmen angegangen wird, dürfte dieser Aspekt nicht völlig aus den Augen gelassen werden.

Eventuell sind Untersuchungen im Bereich Forschung und Entwicklung anzustreben. Angesichts der relativ vielfältigen Bemühungen in diesem Bereich stellt sich die Frage der Gewichtung im Verhältnis zu anderen Schwerpunkten.

Die weiteren Massnahmen zur Reduktion von Treibhauseffekten sind entweder wenig effizient oder sie werden bereits in anderen Studien genügend untersucht.

4.5 Finanzhilfen

a) Evaluationsforschung im Rahmen von Energie 2000

Im Rahmen von Energie 2000 läuft zur Zeit eine Untersuchung über die Effizienz der finanziellen Förderung von alternativen Energieanlagen (Warmwasser und Solaranlagen bei Mehrfamilienhäusern sowie Industrie- und Gewerbebauten). Sie wird von der IBFG durchgeführt und auf Ende Jahr abgeschlossen. Ueber das Vorgehen und mögliche Resultate ist bisher nichts bekannt.

Immerhin ist zu erwarten, dass der Bereich "finanzielle Förderung" recht gut abgedeckt sein wird.

4.6 Abgeltungen/Kompensationszahlungen: Der Internationale Aspekt

Abgeltungen und Kompensationszahlungen können in verschiedenen Formen eine Rolle spielen.
In unserem Zusammenhang sind zwei Varianten von besonderem Interesse:

- Kompensationszahlungen zur Beseitigung von negativen Auswirkungen im Inland
Bei bestimmten Massnahmen können bestimmte Akteure (Haushalte, Unternehmen) oder Regionen besonders stark betroffen werden. Mit Kompensationen (finanzielle Leistungen, Rabatte, Grenzausgleich usw.) kann angestrebt werden, negative Auswirkungen einer zu hohen Belastung zu verhindern oder zumindest zu mildern.
Konkret spielen Kompensationszahlungen bei der Einführung von Umweltagaben, vor allem auch CO2-Abgaben, eine wichtige Rolle. Die entsprechenden Varianten und der Stand der Forschung werden im folgenden Kapitel kurz diskutiert.

- Abgeltungen im internationalen Kontext
Ausgangspunkt ist die Feststellung, dass in ärmeren Ländern Reduktionen der Treibhausgase kostengünstiger vorgenommen werden können (Vergleiche dazu Kapitel Vermeidungskosten). Gleichzeitig ist zu beachten, dass in diesen Ländern eine klare Präferenz für wirtschaftliches Wachstum besteht. Zudem werden die Möglichkeiten für eine Reduktion der Treibhauseffekte aufgrund der Einkommenssituation als gering bezeichnet.

In der Schweiz bestehen zur Thematik "Kompensationszahlungen" erste theoretische Ueberlegungen indem die internationale Handelstheorie unter Einschluss der Umweltdimension (u.a. Treibhausproblematik) angewandt wird (PSI-Bericht Nr. 93-02, The Economics of Global Warming - National and International Climate Policy: The Requisites for Switzerland, Pillet G., u.a.).

Die Autoren gelangen aus der Sicht der Schweiz als kleines Land mit einer Präferenz für eine umweltverträgliche Güterproduktion zu folgenden Schlussfolgerungen:

- Eine CO2-Reduktion in einem kleinen Land führt - aus globaler Sicht - zu einem marginalen Abbau des Treibhauseffektes.

- Eine unilaterale Einführung einer CO2-Abgabe wird nicht als effizient bezeichnet.

- Ein Alleingang ist nur anzustreben, wenn gleichzeitig eine Kooperation mit weiteren Ländern zustande kommt. Dabei ist nicht zu erwarten, dass sich eine internationale Zusammenarbeit spontan einstellt. Für ein Mitmachen müssen genügend starke Anreize bestehen. Andernfalls ist die Gefahr gross, dass ein Trittbrettfahrer-Verhalten an den Tag gelegt wird.

- Ein multilaterales Vorgehen erfordert eine genaue Kenntnis der Interessenlage der einzelnen Länder: Wie sieht die Bedrohungslage aufgrund des Treibhauseffektes aus? Wie hoch ist der Entwicklungsstand und die Ausstattung mit Ressourcen?

Aehnliche Ueberlegungen beinhaltet der Bericht von Kappel R..: Energiesysteme zur Begrenzung von CO2-Emissionen - Die Bedeutung der Entwicklungsländer im globalen Kontext, Institut für Wirtschaftsforschung, ETH-Zürich 1991.

Im Anschluss an eine Klärung obiger Fragen sollten Klimamassnahmen (z.B. CO2-Abgabe) zusammen mit Kompensationen in Drittländern entwickelt werden. Bei genügender Gewissheit, dass Massnahmen mit tiefen Grenzkosten ergriffen werden, lohnt sich auch eher ein nationaler Einsatz von Massnahmen mit relativ hohen Grenzkosten. Gleichzeitig könnten die Vorteile einer umweltgerechten Produktion genutzt werden (1).

Fazit

Den Ueberlegungen zu möglichen Kompensationszahlungen ist - angesichts der weltweiten Bedeutung des Treibhauseffektes - ein hoher Stellenwert beizumessen. Bei weitergehenden Untersuchungen sind vertiefte Analysen unbedingt im Auge zu behalten. Dabei sind möglichst konkrete Handlungsanleitungen auszuarbeiten, die auf empirischen Untersuchungen basieren.

4.7 Emissionszertifikate/Lizenzen

Emissionszertifikate und Lizenzen spielen vor allem in der Umweltpolitik der USA eine recht grosse Rolle.

a) Wirtschaftswissenschaftliches Zentrum der Uni Bassel (WWZ-Studie)

In der Schweiz haben die Kantone beider Basel Bestimmungen für Emissionsgutschriften und einen Emissionsverbund erlassen (vergleiche dazu ausführlich: WWZ-Studie Nr. 40, Emissionshandel - Ein marktwirtschaftlicher Weg für die schweizerische Umweltpolitik, (Autoren: Staehelin-Witt E., Spillmannn A.), Basel 1992). Allerdings haben die Bestimmungen kaum eine praktische Relevanz erhalten. Als Gründe werden u.a. der beschränkte kantonale Handlungsspielraum und der Ausschluss von Klein-

---

1 Im Rahmen der internationalen Entwicklungshilfe sind erste Programme angelaufen, die den Charakter von Kompensationszahlungen haben: u.a. Weltentwicklungsbericht 1992, Entwicklung und Umwelt, Washington 1992.
Für die Schweiz: Pressedienst DEH, Umweltfonds - Der Schweizer Beitrag an den globalen Umweltschutz. Die Schweiz hat 80 Mio. Fr. in den globalen Umweltfonds (GEF, total 1,8 Mrd. Fr.) einbezahlt. U.a. werden Alternativenergien zur Reduktion der CO2-Emissionen gefördert. Gezielte Aktionsprogramme seien aber erst in Entwicklung begriffen.

Emittenten genannt. Auf eher theoretischer Ebene bestehen im Rahmen der WWZ-Studie Vorschläge für weitergehende Schritte beim Emissionshandel.

b) Studie Jeanrenaud, Uni Neuenburg

Eher empirisch orientierte Studien werden im Rahmen des SPP Umwelt angestrebt. Eine Projektgruppe unter Prof. Jeanrenaud wird für folgende Bereiche vertiefte Abklärungen durchführen:

- NOX
- Ev. VOC
- FCKW
- Futtermittel in der Landwirtschaft

Hingegen wird ein Lizenzhandel für CO2 abgelehnt, da es sich um ein internationales Problem handle und somit ein nationaler Alleingang auszuschliesen sei.
Allerdings ist diese Begründung nicht unbedingt sehr stichhaltig, da etwa bei einem international koordinierten Vorgehen ein nationaler CO2-Handel unter Emittenten nicht einfach auszuschliessen ist.

Lizenzen für CO2-Emissionen scheitern vor allem an einem hohen Vollzugsaufwand, da sehr viele Emittenten vorhanden sind.

Fazit

Es besteht ein Projekt für eine fundierte Abklärung des Lizenzhandels. Allerdings wird nur ein Teil der Treibhausgase in die Untersuchung einbezogen.

Für die Reduktion der CO2-Emissionen sind Lizenzen kaum geeignet. Vorderhand drängen sich keine weiteren Abklärungen auf.

4.8 Emissions- und Lenkungsabgaben zur Reduktion des Teibhauseffektes

4.8.1 Ausgangslage: Geplante Abgaben in der Schweiz und der EG

a) CO2-Abgabe in der Schweiz

In der Schweiz hat der Bundesrat im Oktober 1990 einen Zwischenbericht über eine mögliche CO2-Abgabe publiziert (2). Die Einzelheiten finden sich in Tabelle 2.

Verwaltungsintern liegt inzwischen eine Botschaft vor, deren Erscheinungsdatum noch offen ist. Die vorgesehene Ausgestaltung ist weitgehend mit den Vorstellungen der EG vergleichbar, wobei als ein wichtiger Unterschied die Elektrizität ausgeschlossen ist. Laut jüngeren Verlautbarungen sollen die Treibstoffe ebenfalls

---

2 BUWAL, BEW, Finanzverwaltung, Steuerverwaltung; CO2-Abgabe Zwischenbericht, Oktober 1990.

nicht berücksichtigt werden. Hingegen wird verwaltungsintern auch eine kombinierte CO2/Energieabgabe diskutiert.

Ueber die Auswirkungen liegen bisher keine offiziellen Schätzungen vor. Im Bericht vom Oktober 1990 werden immerhin grobe Abschätzungen vorgenommen, die sich auf einen vertraulichen Prognos-Bericht stützen.
Mit einer Einführung der CO2-Abgabe ist frühestens im Jahre 1995-1997 zu rechnen.

b) Konzept zur Umsetzung der Rio-Resultate

Im Anschluss an Rio 92 arbeitet die Bundesverwaltung an einem Umsetzungskonzept. Die Arbeiten werden von einem interdepartementalen Ausschuss (BUWAL, DEH, BAW) wahrgenommen.

Zum Uebereinkommen über Klimaveränderungen sind verschiedene Massnahmen vorgesehen: Erstellen eines Inventars zu allen Treibhausgasen, erarbeiten eines nationalen Programmes, Koordination der Arbeiten mit Energie 2000 und Luftreinhaltekonzept usw..

Bis Ende 1993 ist ein umfassender Bericht zugesichert worden.

c) Kombinierte CO2/Energie-Abgabe der EG

c1) Stand und Ausgestaltung
Auf Anregung der EG-Umweltkommission im Jahre 1990 wird auf EG-Ebene eine kombinierte Energie-/CO2-Abgabe diskutiert. Am 13. Dezember 1991 ist ein Vorschlag von den Umwelt- und Energieministern im Grundsatz verabschiedet worden.

Im Mai 1992 ist von Umwelt- Energie- und Finanzministern der CO2-Abgabe im Grundsatz zugestimmt worden. Allerdings ist eine Einführung mit der Bedingung verknüpft worden, dass die wichtigsten Handelspartner der EG (USA, Japan) ebenfalls eine CO2-Abgabe einführen sollten. Zur Zeit ist es unklar, ob die USA und Japan auf das Begehren der EG eintreten werden oder ob allenfalls ein Rückkommen auf den Beschluss vom Mai 1992 verlangt wird.

Tabelle 2: Vergleich CO2-Abgabe EG - Schweiz

Gestaltungskriterien	Schweiz	EG
Abgabeobjekt	Alle fossilen Energieträger	Alle fossilen Energieträger Elektrizität Grössere Wasserkraftanlagen
Befreiung von der von Abgabepflicht	Biomasse Elektrizität Intern. Flugverkehr Erdölraffinerien (Eigenverbrauch) Entsorgung fossile Energieträger Verarbeitung ohne CO2-Emissionen	Biomasse Teilweise erneuerbare Energiequellen Wellen-u.Gezeitenkraftwerke Internationaler Flugverkehr
Bemessungsgrundlage	Emissionsfaktor gehalt und Energiegehalt	Kohlenstoff-
Abgabesätze	Fr. 43.70/tCO2	ECU 35.67/t C ECU 30,54/tOel
Preiserhöhungen		
Benzin	6%	5-11%
Diesel	8%	10-29%
Heizöl EL	23%	9-29%
Heizöl M/S	46%	47-64%
Gas	20%	15-52%
Kohle	42-105%	39-121%

Das Ziel ist eine EG-weite Stabilisierung der CO2-Emissionen auf den Stand von 1990 bis ins Jahr 2000. Bis 2005 soll eine Reduktion um 20% erreicht werden (Zielsetzung von Montreal). Die kombinierte CO2-Abgabe stellt nach Ansicht der EG eines unter anderen Instrumenten dar. Weitere Massnahmen kommen hinzu: Information, Beratung, Motivation, Programme zur rationellen Energieverwendung, Förderung alternativer Energiequellen.

Die Einführung der kombinierten CO2-Abgabe war ursprünglich auf den 1.1.1993 vorgesehen und sie sollte von den einzelnen EG-

Ländern vollzogen werden. Dabei soll mit 3 $ pro Barrel Rohöl begonnen werden, um in Etappen bis zum Jahr 2000 eine Abgabe von 10 $ pro Barrel zu erreichen. Die Bemessung ist nach dem C-Gehalt bzw. dem Energiegehalt im Verhältnis 50:50% vorgesehen. Die erneuerbaren Energiequellen sollen ausgenommen werden. Dank der kombinierten CO2-Abgabe wird ein Rückgang um rund 250 Mio. t CO2 erwartet, oder 8% des gesamten Ausstosses der EG-Länder. Neben der CO2-Abgabe sollen zur Zielerreichung weitere Massnahmen eingesetzt werden (Normen, Beratung, Information, Forschung usw.).

c2) Wirtschaftliche und soziale Auswirkungen der CO2-Abgabe
Die EG hat umfassende Analysen über die Auswirkungen der kombinierten CO2-Abgabe durchgeführt. Es wird davon ausgegangen, dass die Investitionen zur Verbesserung der Energieeffizienz positive Nachfrageeffekte erzeugen werden, während die Abgabe negative Kostensteigerungen auslöst. Eine Beurteilung hat jeweilen den Gesamteffekt zu beachten.
Die wichtigsten Resultate können wie folgt zusammengefasst werden (3):

1) Bruttoinlandprodukt
Entscheidend ist, wie die Einnahmen verwendet werden. Unter der Annahme einer strikten Steuerneutralität werden die jährlichen Auswirkungen auf das Bruttoinlandprodukt auf -0,2% bis 0,04% geschätzt. Bei einer Steuererhöhung tritt ein negativer Effekt von - 0,3% pro Jahr ein.
Es gilt zu beachten, dass die hoch industrialisierten Länder gegenüber den Südländern mit der Einführung einer kombinierten CO2-Abgabe höhere Wachstumsraten zu verzeichnen haben.

2) Preissteigerungen
Es wird geschätzt, dass bei einer vollen Ueberwälzung der Abgaben auf die Konsumenten mit einem einmaligen Anstieg der jährlichen Inflationsrate um 0,3-0,5% zu rechnen wäre.

3) Beschäftigung
Die Beschäftigungseffekte werden als gering beurteilt und die konjunkturellen Einflüsse als gewichtiger eingestuft. Immerhin wird bei einem Rückfluss der Mittel an die Unternehmen, etwa in Form einer Reduktion der Arbeitskosten, mit positiven Beschäftigungseffekten gerechnet.

4) Energieintensive Betriebe
Die Behandlung der energieintensiven Betriebe ist zur Zeit noch eine offene Frage. Es werden - zumindest in einer Uebergangsphase - Rabatte bzw. eine teilweise Rückerstattung diskutiert. In den Ministerkonferenzen im Mai 1992 ist dieser Punkt aber nicht weiter diskutiert worden. Allenfalls wird er wieder aufgenommen, wenn es innerhalb der EG doch zu einem Alleingang kommen sollte.

Fazit

Sowohl für die Schweiz wie auch für die EG liegen konkrete CO2-Abgabeprojekte vor. Sie sind auf eine Stabilisierung der CO2-

---

3 Ecomomic Aspects of the proposed Community Strategy to limit CO2-Emission, II/445/91-EN, Brussels, 1991.

Abgaben ausgerichtet, wobei sie dafür alleine, aber auch in Kombination mit den bereits beschlossenen Massnahmen kaum ausreichen dürften.
Weitergehende Pläne über das Jahr 2000 hinaus bestehen nicht. Vermutlich geschieht dies in den Anschlussarbeiten zu RIO 92.

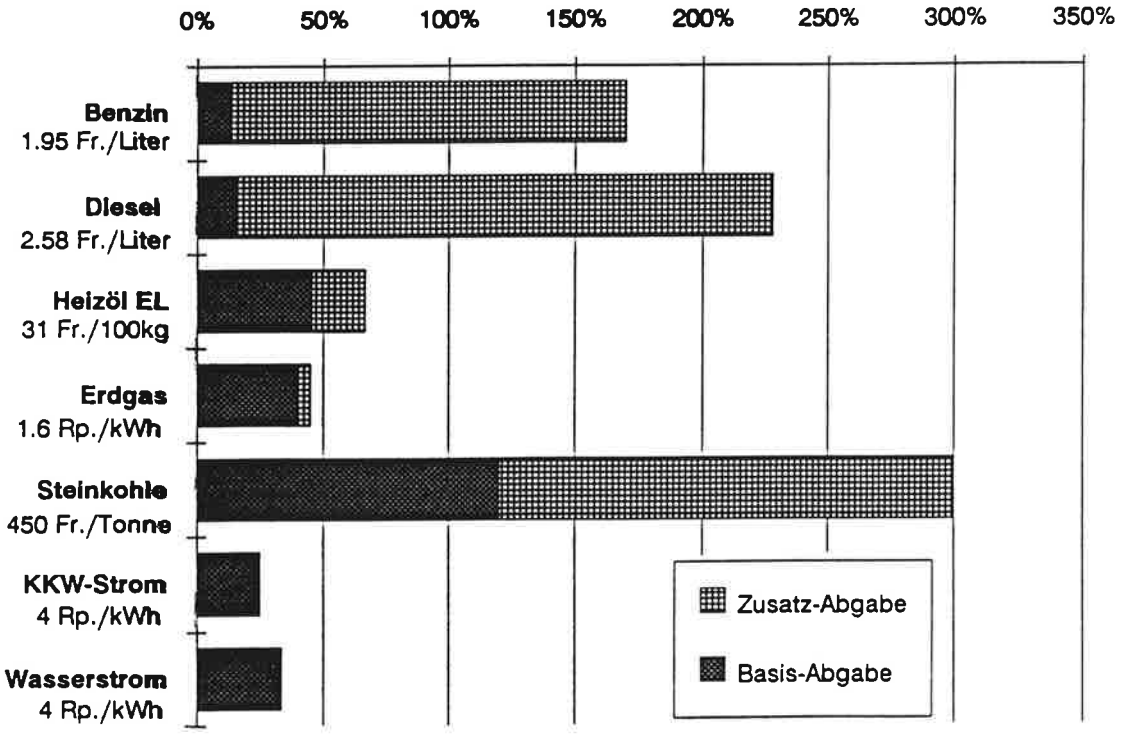
Bei weiteren Abklärungen zu Massnahmen sind die Bemühungen sinnvollerweise mit der Ressortforschung des Bundes - und allenfalls international - zu koordinieren.

4.8.2 Abgaben-Modelle und Auswirkungsanalysen

a) Meier/Walter: Umweltabgaben für die Schweiz

Im Buch "Umweltabgaben für die Schweiz" wird ein Abgabesystem skiziert, das von einer Basisabgabe und einer Zusatz-Abgabe ausgeht (Vergleiche dazu Grafik 2)

Grafik 2: Energieabgabesätze im Jahr 2005



Für die fossilen Energieträger beträgt die Basisabgabe 70 Fr./Tonne CO2. Weiter wird eine Zusatzabgabe erhoben, die sich nach den ungedeckten externen Kosten der Energieverwendung richtet respektive beim Strom das Moratoriumsziel anstrebt und damit eine Differenzierung unter den Energieträgern erlaubt. Mit der Belastung der Energieträger können die CO2-Ziele von Toronto und die Luftreinhalteziele des Bundesrates erreicht werden.

Neben den Energieabgaben werden zudem Belastungen auf den VOC, Dünger usw. diskutiert.

Ausführlich werden die Auswirkungen analysiert, wobei davon ausgegangen wird, dass 95% der Einnahmen an die Haushalte und die Unternehmungen rückerstattet werden (5% sollen für Technologieförderung und Massnahmen in der Dritten Welt eingesetzt werden).
Folgende Dimensionen werden dabei untersucht:

- Oekologische Auswirkungen (CO2-Reduktion usw.)
- Sozialverträglichkeit (Einkommensverteilung unter Beachtung der Rückerstattung)
- Wirtschaftsverträglichkeit (Sektorale Wirkungen, Aussenhandel)
- Regionalverträglichkeit

Es zeigt sich, dass mit gewissen Kompensationsmassnahmen wie Rückerstattung, Rabatte und Grenzausgleich - insbesondere bei energieintensiven Betrieben - negative Auswirkungen beseitigt oder zumindest weitgehend verhindert werden können.

b) Mauch/Iten: Oekologische Steuerreform

Mauch und Iten (Oekologische Steuerreform, Zürich 1992) haben ebenfalls ein Energieabgabesystem entwickelt, das von jährlichen Energie-Preissteigerungen von 5% ausgeht. Die Energiepreise sollen über eine längere Zeitdauer um einen Faktor 3-5 erhöht werden bis massive Substitutionseffekte auf neue Technologien eintreten.

Die Analyse der Auswirkungen kommt weitgehend zu gleichlautenden Ergebnissen wie die Studie Meier/Walter. Für die Rückerstattung werden zudem vertiefte Abklärungen vorgenommen.

c) Verkehrsabgaben

Der Verkehrsbereich stellt wegen seinem relativ grossen Anteil (ca. 30% bei den CO2-Emissionen) an den Treibhausgasen, vor allem aber wegen den anhaltenden Wachstumsraten einen besonders neuralgischen Bereich dar.

In den Publikationen von Ecoplan (Internalisierung externer Kosten im Agglomerationsverkehr, Fallbeispiel Bern, NFP Stadt und Verkehr (Hrsg.), Bern/Zürich 1992), infras (Internalisieren der externen Kosten des Verkehrs, Fallbeispiel der Agglomeration Zürich, NFP 25 (Hrsg.), Zürich 1992), und Meier (Umweltgerechte Verkehrsabgaben, Zürich 1993) sind u.a. ausführliche Analysen über Benzinpreiserhöhungen, regionale Lenkungsabgaben wie Parkplatzabgaben und road Pricing vorgenommen worden.

Ebenfalls sind die praktischen Vollzugsfragen ausführlich behandelt.

Alle Arbeiten operieren mit einfachen statistischen Methoden (u.a. Abschätzungen der Wirkungen aufgrund von plausiblen Elastizitäten). Dynamische Effekte (z.B. Veränderung des technischen Fortschrittes) oder Kreislaufeffekte werden aber höchstens am Rand berücksichtigt.

4.8.3 Umfassende Analysen mit Gleichgewichtsmodellen

In jüngerer Zeit sind in der Schweiz mehrere Gleichgewichtsmodelle für die Energiepolitik entwickelt worden. Sie erlauben es, komplexe Zusammenhänge inklusive Emissionen zu erfassen. Ebenfalls vermögen sie beschränkt dynamische Effekte (z.B. Aenderungen der Technologie, Verhaltensänderungen bei Preisänderungen) zu analysieren.

a) Carlevaro, Müller und Antille - Genfer Modell

Dieses Modell beschäftigt sich mit den volkswirtschaftlichen Auswirkungen zweier Kernenergieszenarien.
Es zeigt sich, dass beide Ausstiegszenarien nur geringe Auswirkungen auf die schweizerische Volkswirtschaft haben.

b) Stephan, van Nieuwkoop, Wiedmer

Dieses Modell basiert auf der von der Prognos überarbeiteten Input-Output-Tabelle für das Jahr 1985. Der Ansatz ist komparativ-statisch, d. h. der technische Fortschritt wird nicht berücksichtigt.

In vier Szenarien werden die Auswirkungen einer CO2-Stabilisierung aufgrund einer CO2-Abgabe untersucht. Sie unterscheiden sich in der Verwendung der Einnahmen: a) Erhöhung der Staatsnachfrage nach Kapitalgütern; b) Rückerstattung an die Haushalte; c) Mischung von a) und b); d) Mischung a), b) und Subvention Elektrizitätssektor.

Die wichtigsten Schlussfolgerungen lauten:
- Eine Stabilisierung des CO2-Ausstosses hat eine gewisse Signalwirkung. Entsprechende Massnahmen sind aber kaum effizient. Hingegen sind die Koppeleffekte (gleichzeitig z.B. Reduktion NOX) positiv zu werten.

- Eine CO2-Stabilisierung wird als wirtschaftlich verkraftbar bezeichnet. Hingegen wird eine weitergehende Reduktion um 20% als untragbar angesehen. Die Schweiz sollte sich deshalb für internationale Schutzziele einsetzen, die eine wirtschaftliche Kompensation für CO2-Reduktionen bei solchen Emittenten vorsehen, die mit vergleichsweise geringen Kosten grössere CO2-Reduktionen realisieren können.

c) Carlevaro-Gruppe (Garbely M., Müller T.)

Mit dieser Arbeit (Vers une Modelisation en Equilibre General des Mesure Politique Energetique en Suisse, Genève 1992) wird das Modell Carlevaro weiterentwickelt.

Es sollen folgende Massnahmen analysiert werden:
- CO2-Abgabe für alle fossilen Energieträger gemäss CO2-Emissionen
- Andere Energieabgaben
- Verbrauchstandards bei Gebäuden, Anlagen, Geräten

Für die Verwendung der Gelder kommen verschiedene Varianten zum Zuge:
- Kompensationszahlungen ans Ausland (Klimafond)
- Förderung der Forschung und Entwicklung im Energiebereich
- Subventionen für energiewirksame Investitionen

Weiter werden verschiedene Rückerstattungsformen untersucht:
- Pro-Kopf-Rückerstattung an Haushalte
- Kompensation WUST
- Kompensation direkte Bundessteuer
- AHV/IV
- Krankenkasse

Zudem sollen die dynamischen Effekte (Innovationen im Energiebereich) sowie Kreislaufeffekte umfassend berücksichtigt werden.

d) Ecoplan: Möglichkeiten und Grenzen von allgemeinen Gleichgewichtsmodellen

Unter dem Titel "Möglichkeiten und Grenzen von allgemeinen Gleichgewichtsmodellen zur Untersuchung von energiepolitischen Massnahmen - Pilotstudie im Rahmen der sozioökonomischen Energieforschung des Bundes (Söef), Bern 1993) führt Ecoplan eine ähnlich gelagerte Studie wie die oben erwähnte Carlevaro-Gruppe durch: Es können die gleichen und teilweise weitergehende energiepolitische Massnahmen analysiert werden.

Zudem ist es möglich, Verteilungseffekte im Detail zu untersuchen, da eine Desaggregierung der Haushalte in verschiedene Einkommensklassen vorgenommen wird.

Die Verwendung neuester kanadischer Soft-Ware soll eine hohe Benutzerfreundlichkeit sicherstellen. Schnellschüsse könnten relativ rasch durchgeführt werden. Eine Weiterführung des Gleichgewichtsmodelles "Ecoplan" wird im Rahmen der Prognos-Energieperspektiven empfohlen (vergleiche dazu Kapitel 2). Die Resultate sind auf Ende Jahr zu erwarten.

e) infras: Oekologische Steuerreform und Internationale Wettbewerbsfähigkeit

Das Söef hat an infras den Auftrag erteilt, die Fragen von Umweltabgaben und der internationalen Wettbewerbsfähigkeit im Vergleich zu anderen Faktoren abzuklären.

Gleichzeitig sollen Modelle zur Kompensation von allfälligen Wettbewerbsnachteilen (Rückerstattung, Rabatte, Grenzausgleich) detailliert untersucht werden.
Die Resultate sind auf Ende Jahr zu erwarten.

f) Bürgenmeier B., u.a, : Taxes écologiques et réforme fiscale

Im Rahmen des SPP Umwelt wird das Projekt "Taxes écologiques et réforme fiscale" (1. Zwischenbericht/vertraulich) durchgeführt. Grundsätzlich geht es um Umweltabgaben unter Beachtung verschiedener Kompensationsvarianten. Zur Zeit ist die Auswahl der Massnahmen, aber auch der Untersuchungsmethoden noch unklar.

Fazit

Umweltabgaben, insbesondere CO2-Abgaben, spielen zur Reduktion des Treibhauseffektes zurecht eine zentrale Rolle. In den letzten Jahren sind verschiedene Modelle entwickelt worden, die gleichzeitig umfassende Auswirkungsanalysen beinhalten.

Laufende Arbeiten lassen weitere gewichtige Forschritte erwarten: Massnahmen werden in verschiedenen Varianten untersucht. Insbesondere wird dynamischen Effekten und Kreislaufwirkungen - wenn auch in unterschiedlicher Form - gebührend Rechnung getragen.

Die laufenden Forschungen bedeuten für das NFP 31, dass im Abgabenbereich - insbesondere bezüglich CO2 - kein vordringlicher Forschungsbedarf besteht. Allenfalls könnten - im Zusammenhang mit Abgaben - regionale Auswirkungen noch intensiver analysiert werden. Dazu müssten aber bei der Datenbeschaffung recht hohe Vorleistungen erbracht werden. Zudem ist die Vermutung nicht von der Hand zu weisen, dass die bestehenden Erkenntnisse kaum grundlegend modifiziert werden müssten.

5. SCHLUSSFOLGERUNGEN

5.1 Forschungslücken - Mögliche Forschungsfelder

Aufgrund der Literatur-Recherche stehen zwei Bereiche im Vordergrund:

a) Erhebung von Schadenskosten für die Schweiz

International bestehen zahlreiche Berechnungen für mögliche Schadenszenarien, die in nationalen Studien übertragen werden. Für die Schweiz sind erste Schätzungen in Gang gesetzt worden.

Gewisse regionale Aspekte dürften dank dem NFP 31 besser ausgeleuchtet werden. Inwiefern sich die Resultate etwa auf die gesamte Schweiz übertragen, ist zur Zeit noch eine offene Frage. Allenfalls sind ergänzende Studien in Auftrag zu geben.

Schadensberechnungen zwingen, die möglichen Effekte systematisch darzulegen und mit einer Monetarisierung wichtige Argumente für die öffentliche Diskussion bereitzustellen.

Der Aufwand für umfassende Schadensberechnungen darf nicht unterschätzt werden. Es könnte auf den laufenden Arbeiten des NFP 31 (Crivelli, aber auch Rieder und Elsasser) aufgebaut werden. Umfassende Berechnungen würden mindestens 2-3 Personenjahre beanspruchen.

b) Internationaler Aspekt: Kompensationen im Ausland

Vor allem in theoretisch orientierten Arbeiten zum Treibhauseffekt wird auf Kompensationszahlungen an Drittstaaten hingewiesen, die eine geringe Präferenz zur Reduktion der Treibhausgase haben, da sie über tiefe Einkommen verfügen, aber mit geringen Kosten hohe Reduktionspotentiale ausschöpfen könnten.

Allfällige Zahlungen an Drittstaaten müssten in verschiedener Hinsicht gründlich evaluiert werden:

- In welchem Aussmass sind nationale bzw. internationale Reduktionspotentiale zu nutzen?
- Welches Ausmass an finanziellen Mitteln sind für internationale Zwecke aufzuwenden?
- In welchen Bereichen können die Mittel am sinnvollsten eingesetzt werden?
- Welche Auswirkungen sind zu erwarten (Beschäftigungs- und Einkommenseffekte, Wettbewerbsfähigkeit usw.)
- Wie sind die bisherigen Anstrengungen zur Reduktion in Drittländern zu beurteilen?

Im Rahmen des NFP 31 dürfte es eine sinvolle und fruchtbare Aufgabe sein, die internationalen Aspekte zu vertiefen. Der globalen Dimension des Treibhauseffektes würde voll Rechnung getragen. Echte Forschungslücken könnten geschlossen werden. Wichtige Grundlagen für eine griffige internationale Strategie

dürften erwartet werden. Dabei müssten empirisch abgesicherte Resultate angestrebt werden.

Eine grobe Schätzung ergibt, dass die Entwicklung einer konkreten Strategie - auch bei optimaler Nutzung vorhandener und laufender Teilergebnisse - 1-2 Personenjahre beanspruchen dürfte.

5.2 Laufende Projekte weiter verfolgen: Erstellen eines Syntheseberichtes

Im Hinblick auf die Schlussarbeiten des NFP 31 sollte ein Synthesebericht zum Thema "Klimaveränderungen - ökonomische Fragestellungen" ins Auge gefasst werden. Darin wäre der aktuellste Forschungsstand zu dokumentieren. Wichtige strategische Schlussfolgerungen würden zuhanden der Oeffentlichkeit aufgearbeitet werden.

Falls diese Arbeiten angegangen werden, ist eine frühzeitige Koordination anzustreben. Möglichst aussagekräftige Ergebnisse könnten damit generiert werden. Gleichzeitig wären Doppelspurigkeiten zu verhindern und die Kommunikation unter den einzelnen Forschergruppen zu verbessern.

Insgesamt ist mit einem halben Personenjahr Arbeitsleistung zu rechnen.

5.3 Weitere Bereiche

a) Treibhausperspektiven

Es ist zu erwarten, dass die Energieperspektiven des BEW ausreichende Grundlagen für die CO2-Emissionen liefern werden. Hingegen bestehen Lücken über die künftige Entwicklung der anderen Treibhausgase.

Es ist abzuklären, ob dies im Rahmen der Energieperspektiven abgedeckt werden kann oder andere Bundesstellen generelle Treibhausgasperspektiven entwickeln (Anschlussarbeiten RIO 92).

Eine spezifische Bearbeitung im Rahmen des NFP 31 ist kaum sinvoll. Vielmehr ist eine kontinuierliche Erarbeitung von umfassenden Treibhausgasperspektiven anzustreben. Allenfalls kann das NFP 31 in diese Richtung wichtige Impulse auslösen.

b) Kostenschätzungen und Massnahmen zur Reduktion der Treibhausgase exklusiv CO2

In den vorliegenden Studien zu den Vermeidungskosten stehen die CO2-Emissionen ganz eindeutig im Vordergrund.
Methan, Lachgas usw. sind bisher kaum beachtet worden.

Es ist als lohnend zu bezeichnen, die Vermeidungskosten von Methan, Lachgas usw. detailliert zu untersuchen.

Zudem müssten spezifische Massnahmen mit ihren Auswirkungen evaluiert werden.

c) Technologie

Technologischen Fortschritten wird zur Reduktion von Treibhausgasen ein hoher Stellenwert beigemessen. Es laufen denn auch bereits einige Untersuchungen in dieser Richtung, wobei der Stellenwert der Resultate zur Zeit kaum abgeschätzt werden kann. Es könnte sich zeigen, dass weitere Vertiefungen nötig sind.

d) Regionalaspekte von Umweltabgaben

Umweltabgaben sind recht detailliert untersucht worden. Vor allem sind einige Projekte im Gang, die weitere fundierte Ergebnisse erwarten lassen. Zusätzliche Untersuchungen drängen sich zur Zeit kaum auf.
Einzig zu den Regionaleffekten bestehen gewisse Lücken. Es ist aber nicht zu übersehen, dass in einem ersten Schritt recht hohe Aufwendungen für die Erhebung von Grundlagendaten gemacht werden müssten.

5.4 Uebersicht über ausländische Literatur - Uebertragung auf die Schweiz?

a) Auswertung der Schadenskostenberechnungen

Eine Uebertragung der ausländischen Literatur über die Schadenskosten könnte einen nützlichen Einstieg für weitere Abklärungen darstellen. Es kann aber nicht erwartet werden, dass die Resultate direkt verwendet werden können. Der Aufwand von wenigen Personenmonaten würde sich vermutlich trotzdem lohnen.

b) Auswertung der Erfahrung mit Massnahmen

Im Ausland bestehen teilweise ausgedehnte Erfahrungen mit Umweltabgaben, insbesondere mit CO2-Abgaben. Es könnte sich lohnen, über die Erfahrungen gründliche Abklärungen einzuleiten. Dabei müssten die Arbeiten sehr detailliert vorgenommen werden. Sie könnten eine Ergänzung zu laufenden Untersuchungen von internationalen Organisationen darstellen.

Literaturverzeichnis

Bretschger L., u.a. Saubere Luft im Kanton Zürich, Zürich 1993

Brugger E.A., u.a., Selbstregulierung - Baustein für eine marktorientierte Umweltpolitik?, Erster interner Zwischenbericht/ SPP Umwelt/vertraulich, Zürich 1993

Bürgenmeier B., u.a, : Taxes écologiques et réforme fiscale, 1. Zwischenbericht/SPP Umwelt/vertraulich, Genf 1993

Bütschi M., u.a., Disponibilités des Suisses pour la protection de l'environnement, (Projektleiter: H. P. Kriesi, Dép. de science politique de l'université de Genève), Genève 1993

Crivelli R., Changements climatiques et catastrophe naturelle, 1. Zwischenbericht/NFP 31/vertraulich, Bellinzona 1993

Davies C.H., Scientific Report on the coordinated Project "CLEAR" (Climate and the Environment in the Alpine Regions, 1. Zischenebericht SPP Umwelt, Zürich 1993

Dürrenberger G., CLEAR: Innovative Response to Anticipated Climate Chance, 1. Zwischenbericht/SPP Umwelt, Zürich 1993

Dürrenberger G., Jaeger C., Klimaänderung und Risikodiskurs, Vorstudie NFP 31, Zürich 1992

Elsasser H., Auswirkungen von Klimaveränderungen auf den Tourismus - Verlust an Vielfalt - Konzentration in Touristikzentren, in: Montagna 11/92, Brugg 1992, S. 6-8

Elsasser H, u.a., Klimaänderung und Tourismus, NFP 31, Zwischenbericht 1993/vertraulich, Zürich 1993

Ecoplan, Externe Kosten im Agglomerationsverkehr - Fallbeispiel Region Bern, NFP Stadt und Verkehr (Hrsg.), Zürich 1992

Ecoplan, Internalisierung externer Kosten im Agglomerationsverkehr, Fallbeispiel Bern, NFP Stadt und Verkehr (Hrsg.), Bern/Zürich 1992

Ecoplan, Möglichkeiten und Grenzen von allgemeinen Gleichgewichtsmodellen zur Untersuchung von energiepolitischen Massnahmen - Pilotstudie im Rahmen der sozioökonomischen Energieforschung des Bundes (Söef), Bern 1993

Frey R.L., u.a., Mit Oekonomie zur Oekologie - Analysen und Lösungen des Umweltproblemes aus ökonomischer Sicht, Basel 1991

Garbely M., Müller T., Vers une modélisation en équilibre general des mesure politique énergetique en Suisse, Genève 1992

Hornung D., Lufthaushalt, Luftverschmutzung und Waldschäden in der Schweiz, Ergebnisse aus dem Nationalen Forschungsprogramm 14, Band 3 , Zürich 1991

IBFG, Künftige Aus- und Weiterbildungsstrategien für das Impulsprogramm RAVEL, Zürich/Basel 1992

IBFG, Evaluationsforschung im Rahmen von Energie 2000 , Warmwasser und Solaranlagen bei Mehrfamilienhäusern sowie Industrie- und Gewerbebauten, Bericht Thesen/vertraulich, Zürich 1993

infras, Internalisieren der externen Kosten des Verkehrs, Fallbeispiel der Agglomeration Zürich, NFP 25 (Hrsg.), Zürich 1992)

infras, CO2-Perspektiven Verkehr - Grundlagen für die Gesamt-Optimierung, Zürich 1992

infras, Monetären Bewertung des Treibhauseffektes durch individuelle Zahlungsbereitschaften, Sozio-Oekonomischen Energieforschung (Söef), Entwurf Schlussbericht, Zürich 1993

infras, Oekologische Steuerreform und Internationale Wettbewerbsfähigkeit, Offerte/vertraulich, Sozio-Oekonomische Energieforschung (Söef), Zürich 1993

Iten R., Die mikroökonomische Bewertung von Veränderungen der Umweltqualität - Dargestellt am Beispiel der Stadt Zürich, Zürich 1990

Jeanrenaud C., u.a., Identification des domaines de protection de l'environnement prur lesquels un système de permis négociables serait applicable en Sussie, (SPP Umwelt/vertraulich), Neuenburg 1993

Kyperios S., The Swiss Energy System and Grennhouse Gas Scenarios, Paul Scherrer Institut (PSI), Würenlingen, o.J.

Mauch S., Iten R., Oekologische Steuerreform, Zürich/Chur 1993

Meier R, Walter F., Umweltabgaben für die Schweiz, zürich/Chur 1991

Meier R., Umweltgerechte Verkehrsabgaben - Vorschläge für eine Neuorientierung, Zürich/Chur 1993

Prognos, Substitutionsmöglichkeiten zur Reduktion der CO2-Emissionen und Gesamtoptimierung einer CO2-Strategie, Auftrag des Bundesamtes für Energiewirtschaft, Basel 1992

Ratti R., Clear: Mobility Economics - Climate Change - Agents (MECCA), 1. Zwischenbericht - SPP Umwelt, Bellinzona 1993

Rieder P., Klimaveränderungen und Naturkatastrophen: Oekonomische Implikationen auf die Landwirtschaft und ihr Umfeld aus globaler, nationaler und regionaler Sicht, 1. Zwischenbericht 1993 NFP 31/vertraulich, Zürich 1993

Stephan G., van Nieuwkoop R., Wiedmer T., Kohlendioxyabgabe und wirtschaftliche Auswirkungen, Bern 1991

WWZ-Studie Nr. 40, Emissionshandel - Ein marktwirtschaftlicher Weg für die schweizerische Umweltpolitik, (Autoren: Staehelin-Witt E., Spillmannn A.), Basel 1992

GLOSSAR

Exteren Kosten
Externe Kosten - auch Externalitäten genannt - liegen dann vor, wenn die Handlung einer Person die Handlungsmöglichkeiten von anderen Personen beeinträchtigt oder begünstigt, ohne dass dies über den Markt erfasst wird. Verschlechtert sich die Lage der andern, spricht man von externen Kosten. Als Gegenstück dazu entstehen externe Nutzen, wenn sich die Situation von anderen Personen verbessert. Eine grundlegende Erkenntnis der Wirtschaftswissenschaften besagt, dass Marktwirtschaften nur dann optimal funktionieren, wenn bestehende Externalitäten durch geeignete Instrumente internalisiert werden.

Kosten-Nutzen-Analyse
Mit der Methode der Kosten-Nutzen-Analyse können die volkswirtscahftlichen Kosten von staatlichen Projekten oder Massnahmen mit ihrem gesellschaftlichen Nutzen verglichen werden. Ist der Nutzen grösser als deren Kosten, so wird sie als positiv beurteilt, und umgekehrt.

Zahlungsbereitschaft
Die Zahlungsbereitschaft für eine umweltverbessernde Aktivität entspricht nach ökonomischen Verständis dem Nutzen oder Wert, den eine Person der Umweltverbesserung beimisst. Im Normalfall nimmt die Zahlungsberitschaft für jede weitere Verbesserung mit steigender Umweltqualität ab.

Bottom-up-Ansatz
Schätzungen oder Bewertungen werden aufgrund von mikroökonomischen Gegebenheiten vorgenommen. So wird beispielsweise der Energieverbrauch durch die Analyse der Geräte, Anlagen usw. ermittelt. die Resultate sind ind er Regel recht gut nachvollziehbar. Hingegen ist die Addition der einezlnen Beobachtungen zu einer Gesamtentwicklung nicht immer ganz einfach.

Top-Down-Ansatz
Es werden Schätzungen oder Bewertungen aufgrund von makroökonomischen Grössen (z.b. Gesamtnachfrage) vorgenommen. Der Wert der Ergebnisse hängt stark von den angenommenen Ausgangsgrössen ab.