SCHLUSSBERICHT NFP 31

Ruedi Meier

Sozioökonomische Aspekte von Klimaänderungen und Naturkatastrophen in der Schweiz

SCHLUSSBERICHT NFP 31

Sozioökonomische Aspekte von Klimaänderungen und Naturkatastrophen in der Schweiz

Ruedi Meier
Dr. oec. publ./Raumplaner ETH
3006 Bern

vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich

Projektschlussbericht im Rahmen des Nationalen Forschungsprogrammes „Klimaänderungen und Naturkatastrophen", NFP 31

Der Schweizerische Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung hat das dieser Publikation zugrundeliegende Forschungsprojekt finanziert.

Expertengruppe

Thomas Gutermann, Dr.
Schweiz. Meteorologische Anstalt, Zürich (Präsident)
Joseph von Ah, Prof., Bern
Martin Beniston, Prof.
Institut de Géographie de l'Université de Fribourg
Michel Delaloye, Prof.
Département de Minéralogie de l'Université de Genève
(Vice-président)
Gerhard Eichenberger, Dr., ETH Zürich
Charles Emmenegger, Prof., Marly
Peter Knoepfel, Prof.
Institut de hautes études en administration publique, Centre de recherche, Lausanne
Armin Petrascheck, Dr.
Bundesamt für Wasserwirtschaft, Biel
Daniel Vischer, Prof.
Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, ETH Zürich
Jean-Jacques Wagner, Prof.
Département de Minéralogie de l'Université de Genève
Ellen Wiegandt, Dr.
Institut universitaire de hautes études internationales, Genève

Programmleitung NFP 31

Thunstrasse 91, 3006 Bern
Telefon 031/356 65 65
Ulrich Roth, Sigmaplan, Bern
Stephan Bader, Dr., Schweizerische Meteorologische Anstalt, Zürich
Pierre Kunz, Dr., Département de Minéralogie de l'Université de Genève

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Ruedi Meier:
Sozioökonomische Aspekte von Klimaänderungen und Naturkatastrophen in der Schweiz : [Projektschlussbericht im Rahmen des Nationalen Forschungsprogrammes „Klimaänderungen und Naturkatastrophen", NFP 31] / Ruedi Meier. –Zürich : vdf, Hochsch.-Verl. an der ETH, 1998
(NFP 31 Schlussbericht)
ISBN 3-7281-2603-9

© 1998
vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich

ISBN 3 7281 2603 9

Der vdf auf Internet: http://vdf.ethz.ch

Dank

Die vorliegende Studie ist dank der Unterstützung des Nationalfonds zustande gekommen. Die Programmleiter des NFP 31: Klimaänderungen und Naturkatastrophen haben mit ihrem Einsatz einiges zum Gelingen der vorliegenden Studie beigetragen. Eine grosse Hilfe waren mir alle Naturwissenschafterinnen und Naturwissenschafter, die mir – teilweise in einem frühen Zeitpunkt – ihre Analysen zur Verfügung gestellt haben. Ich hoffe, dass ich Ihre Untersuchungen für meine Auswirkungsanalysen sachgerecht interpretiert habe.

Entwürfe der vorliegenden Studie haben – teilweise oder ganz – verschiedene Personen kritisch durchgesehen.

Speziell danken möchte ich

- den Programmleitern des NFP 31:
  Dr. Stephan Bader, Dr. Pierre Kunz und Ueli Roth
- Dr. Rolf Iten, Infras, Zürich
- Felix Walter, Ecoplan, Bern
- Dr. Christoph Muggli, Basics, Zürich
- Dr. Armin Petrascheck, Bundesamt für Wasserwirtschaft, Biel
- Gerhard Röthlisberger, PD Dr. Felix Kienast,
  (Unwetterschäden bzw. Waldwirtschaft), WSL, Birmensdorf
- Martin Kamber, Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen VKF
- Pascal Previdoli, Bundesamt für Energie, Bern
- Prof. Dr. Peter Rieder, Dr. Stefan Flückiger (Bereich Landwirtschaft),
  Institut für Agrarwirtschaft, ETH-Zürich
- Dr. Gilbert Verdan, Dr. Markus Nauser, BUWAL
- Dr. Ruedi Kriesi, Energiefachstelle Kanton Zürich
- Dr. Christoph Ritz, Dr. Christian Plüss, ProClim, Bern
- Prof. Dr. Hans Elsasser (Bereich Tourismus), Universität Zürich
- Dr. Max Gretener, Hans Zutter, Schweizer Elementarschaden-Pool
- Prof. Dr. Hans Ruedi Müller, Dr. Jürg Stettler
  (Hinweise, Daten Wintersporttourismus), Universität Bern, FIF
- Prof. Dr. Peter Knoepfel, Experte NFP 31 (Korreferent), IDHEAP, Lausanne
- PD Dr. Ellen Wiegandt, Expertin NFP 31 (Korreferentin), Genf

Ein spezieller Dank gebührt Silvia Aepli für das Layout der Studie und meiner Sekretärin Heidi Lehmann. Das Lektorat hat in verdankenswerter Weise Dr. Rudolf Burger, Bolligen bei Bern, übernommen. Selbstverständlich gehen alle verbleibenden Mängel auf das Konto des Autors.

Bern, Mai 1998
Ruedi Meier

Préface / Vorwort

Depuis plusieurs années, les signes d'une influence humaine sur le climat se enorcent. De nombreux scientifiques du monde entier ont été appelés à évaluer et à comparer leurs résultats de recherches dans le cadre de l' "International Panel on Climate Change" (IPCC). L'importance de leurs constatations est double. Premièrement, le réchauffement climatique prévu aura des effets sur notre environnement physique et, par ce biais, sur nos économies et sociétés. Deuxièmement, si les causes de ces changements sont en partie dues aux comportements humains et aux institutions et politiques qui les encadrent, la société dispose aussi de moyens pour réagir. Pour ce aire, cependant, il s'agit en premier lieu de préciser les domaines qui seront les plus touchés par un changement climatique et la nature de ces changements. Le projet de Ruedi Meier entrepris dans le cadre du Programme national PNR 31, "Changements climatiques et catastrophes naturelles", s'est fixé comme objectif de calculer les coûts pour la Suisse d'un réchauffement climatique moyen de 2 degrés Celsius, chiffre qui est basé sur les prévisions globales de l'IPCC.

Le changement climatique est un phénomène global. Les solutions pour y remédier doivent donc aussi être négociées sur le plan international. Cependant, les effets d'un tel changement se feront surtout sentir au niveau local. Pour cette raison, il est important pour chaque pays d'en évaluer les conséquences pour son territoire et sa population. Nous savons qu'il y aura des régions et des sociétés plus durement touchées que d'autres. La connaissance de ces différences sera importante pour la recherche d'une solution globale équitable et des stratégies locales. La présente publication de R. Meier est d'autant plus importante qu'elle essaie de présenter une première évaluation des coûts du changement climatique pour la Suisse.

Prenant comme base la structure économique d'aujourd'hui avec les prix du marché de 1995, M. Meier examine l'évolution des phénomènes les moins sujets à des incertitudes: l'enneigement, le recul des glaciers, la hausse de la limite du pergélisol et l'accroissement de l'afflux de réfugiés. Il conclut que les domaines touchés comprennent le tourisme d'hiver et, dans une moindre mesure, l'agriculture et l'Etat, pour lesquels les précipitations accrues, les inondations ou les migrations seront la cause d'importantes pertes économiques.

Ces constats sont un avertissement: l'économie actuelle de la Suisse est vulnérable. Les principaux secteurs à risque sont désormais connus. Sur la base de ces premiers chiffres, une discussion sur les mesures à prendre peut être entamée. Seuls des accords internationaux peuvent effectivement limiter le réchauffement global. Avec cette contrainte, que peut faire la Suisse? Quel est sa marge de manoeuvre pour influencer les négociations internationales? Quelles sont les mesures d'adaptation qu'elle pourra envisager au niveau national pour orienter l'économie suisse vers des domaines moins vulnérables au changement climatique? Quels sont les instruments dont elle dispose au niveau national ou ceux qu'elle pourra appuyer au niveau international pour limiter les émissions de gaz de serre? Le rapport de M. Meier évalue les coûts d'un scénario pour lequel tout continue comme maintenant ("business as usual") et nous fournit ainsi des éléments fort utiles pour étudier différents chemins vers l'avenir au niveau des mesures à prendre à la source (évitement des gaz à effets de serre)

et de l'adaptation à court et moyen terme. Le groupe d'experts se félicite de pouvoir soumettre ce rapport-clé aux communautés scientifiques et politiques de notre pays.

Dr E. Wiegandt, Prof P. Knoepfel
Experts du PNR 31

Sozioökonomische Aspekte
von Klimaänderungen und Naturkatastrophen in der Schweiz

Inhaltsübersicht

Zusammenfassung

1. Schadenskosten der Klimaänderung weltweit

2. Vermeidungskosten und Zahlungsbereitschaft für die Reduktion der Treibhausgase in der Schweiz

3. Auswirkungen der Klimaänderungen für die Schweiz

4. Die potentiellen Schadenskosten der Klimaänderungen für die Schweiz

5. Emissionsentwicklung und Emissionsziele einer Klimapolitik

6. Massnahmen zur Reduktion der Treibhausgase und ihre Auswirkungen

Anhang

Literaturverzeichnis

Tabellen- und Abbildungsverzeichnis

Zusammenfassung **13**

1. Schadenskostenschätzungen der Klimaänderung weltweit **13**

2. Vermeidungskosten zur Reduktion der Treibhausgase und Zahlungsbereitschaft **14**

3. Auswirkungen der Klimaänderungen für die Schweiz **15**

4. Potentielle Schadenskosten der Klimaänderungen für die Schweiz **20**

5. Die weltweite Emissionsentwicklung und die Reduktionsziele **22**

6. Energieperspektiven und CO2-Emissionen **23**

Dans l'étude **29**

In the study **31**

1. Schadenskosten der Klimaänderung weltweit **33**

1.1 Übersicht **33**

1.1.1 Standardisierte Schätzungen für die USA 33
1.1.2 Weltweite Schadenskosten 35

1.2 Diskussion einzelner Schadenskategorien **37**

1.2.1 Küstenschutzmassnahmen 37
1.2.2 Landverlust aufgrund des Meeresspiegelanstiegs 37
1.2.3 Verlust von Feuchtgebieten 39
1.2.4 Artenverlust (Flora), Verlust von Ökosystemen 39
1.2.5 Landwirtschaft 40
1.2.6 Waldwirtschaft 41
1.2.7 Fischerei 42
1.2.8 Energie (Raumkühlung und Heizung) 42
1.2.9 Wasser 42
1.2.10 Andere Wirtschaftssektoren (Bauwirtschaft, Transportwesen, Tourismus) 43
1.2.11 Krankheitsanfälligkeit und erhöhte Sterblichkeit 44
1.2.12 Luftverschmutzung und Klimaerwärmung 45
1.2.13 Wanderungen 45
1.2.14 Naturkatastrophen durch Klimaerwärmungen 46

1.3 Beurteilung der Schadenskostenschätzungen **47**

2. Vermeidungskosten und Zahlungsbereitschaft für die Reduktion der Treibhausgase ... 49

2.1 Übersicht ... 49

2.2 Beurteilung der wichtigsten Annahmen ... 54

2.3 Methoden ... 54

2.4 Schlussfolgerungen für die schweizerischen Schadenskostenberechnungen ... 55

3. Auswirkungen der Klimaänderungen für die Schweiz ... 57

3.1 Das Klimaszenario des NFP 31 ... 57

3.2 Übersicht Auswirkungen Klimaänderungen ... 59

3.3 Diskussion der Auswirkungen ... 62

3.3.1 Ansteigen der Schneegrenze – verkürzte Schneedauer ... 62
3.3.2 Schmelzen der Gletscher ... 63
3.3.3 Permafrost ... 64
3.3.4 Änderung der Lawinenniedergänge ... 65
3.3.5 Murgänge ... 65
3.3.6 Niederschläge – Änderung des Abflussregimes: Hochwasser und Überschwemmungen ... 66
3.3.7 Bodenfeuchte – Trockenheit – Grundwasserneubildung ... 68
3.3.8 Sommer- und Winterstürme – Hagel ... 69
3.3.9 Wald: Standortgerechtigkeit, Schutzfunktion, Biomasse, Waldbrände ... 70
3.3.10 Landwirtschaft ... 71
3.3.11 Biodiversität ... 72
3.3.12 Gesundheit ... 72
3.3.13 Wanderungen – Flüchtlinge ... 72

3.4 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen ... 73

4. Die potentiellen Schadenskosten der Klimaänderungen für die Schweiz ... 75

4.1 Übersicht: Methodik – Die wichtigsten Ergebnisse ... 75

4.1.1 Kostenkategorien ... 75
4.1.2 Methodische Tücken und Grenzen ... 77
4.1.3 Die wichtigsten Ergebnisse ... 81

4.2 Tourismus ... 83

4.2.1 Verluste der existentiell bedrohten Wintersportregionen ... 83

4.2.2 Verkürzung der Wintersaison – Zusatzeinnahmen? ... 85
4.2.3 Rückgang der Gletscher: Gletscherskifahren – Attraktivitätsverlust ... 86
4.2.4 Substitution der Verluste? ... 86
4.2.5 Bergtourismus im Sommer auf der Gewinnerseite? ... 87

4.3 Hochwasser und Überschwemmungen ... 88

4.3.1 Unwetterschäden: Die Daten der WSL ... 88
4.3.2 Elementarschäden: Die Leistungen der Versicherungen ... 94
4.3.3 Exkurs: Die ZGV- und Katanos-Daten ... 100
4.3.4 Risiken von Morgen: Schätzungen der Versicherungen ... 103
4.3.5 Schlussfolgerungen und Schätzung der potentiellen Schadenskosten für Hochwasser und Überschwemmungen ... 104

4.4 Trockenheit – Grundwasser – Wasserversorgung ... 106

4.4.1 Ex-post-Analyse der Trockensommer 1947, 1949, 1976 ... 106
4.4.2 Zusatzinvestitionen in die Wasserversorgung ... 107

4.5 Sommer- und Winterstürme, Hagel ... 109

4.6 Wald: Standortgerechtigkeit, Biomasse, Schutzfunktion ... 113

4.6.1 Exkurs: Katastrophenszenario mit Verlust der Schutzfunktionen des Waldes ... 114

4.7 Landwirtschaft ... 117

4.8 Energie: Einfluss auf Produktion und Verbrauch ... 120

4.8.1 Elektrizitätsproduktion in Speicher- und Laufkraftwerken ... 120
4.8.2 Der Energieverbrauch: Weniger Wärme – mehr Kälte ... 121

4.9 Migration und Klima-Flüchtlinge ... 123

5. Emissionsentwicklung und Emissionsziele einer Klimapolitik ... 125

5.1 Weltweite Emissionsentwicklung und Reduktionsziele ... 125

5.1.1 Die Berechnungen des Intergovernemental Panel on Climat Change (IPCC) ... 125
5.1.2 Schätzungen der zulässigen CO2-Emissionen für Deutschland ... 130
5.1.3 Verteilung Nutzungsrechte am verbleibenden Emissionsbudget ... 131

5.2 Treibhausgas-Emissionen in der Schweiz ... 132

5.2.1 Treibhausgas-Emissionen 1995 im Überblick ... 132
5.2.2 Verursacher der CO2- und Methan-Emissionen ... 133
5.2.3 Gesamtemissionsbilanz: Das Global Warming Potential ... 134
5.2.4 Graue Treibhausgase ... 136
5.2.5 Entwicklungstendenzen für Treibhausgase in der Schweiz ... 137

5.3 Reduktionsziele für die Schweiz ... 139

6. Massnahmen zur Reduktion der Treibhausgase und ihre Auswirkungen ... 143

6.1 Energieperspektiven und CO2-Emissionen ... 143

6.1.1 Die Definition der Szenarien im Überblick ... 143
6.1.2 Die Rahmendaten der Szenarien ... 145
6.1.3 Szenario I: Kernenergie als sensibler CO2-Faktor ... 148
6.1.4 Szenario II: CO2-Reduktion von -10 Prozent kann bis 2010 erreicht werden ... 148
6.1.5 Szenario III: Energie-Umwelt-Initiative und Solarinitiative ... 149
6.1.6 Szenario IV: Klimaszenario mit Reduktionsziel von 60 Prozent bis 2030 ... 150

6.2 Wirtschaftliche Auswirkungen von CO2- und Energiemassnahmen ... 153

6.2.1 Überblick über die wichtigsten Studien ... 153
6.2.2 Erste Analysen mit Gleichgewichtsmodellen für die Schweiz ... 155
6.2.3 Tiefe CO2-Abgaben: Win-win-Effekte ... 159
6.2.4 Höhere Energie- und CO2-Abgaben: Ausgestaltung entscheidend ... 163
6.2.5 Wettbewerbsfähigkeit: Sonderregelungen als Schlüsselelement ... 171
6.2.6 Klimaszenario mit Chancen und Unwägbarkeiten ... 173
6.2.7 Solarinitiative: Beschäftigung und Wachstum positiv ... 176
6.2.8 Energie 2000: Relativ hohe Beschäftigungseffekte ... 179

6.3 Synthese und Schlussfolgerungen zu den Auswirkungen von Energie- und CO2-Massnahmen ... 182

Anhang ... 187

Tabellenverzeichnis ... 197

Abbildungsverzeichnis ... 200

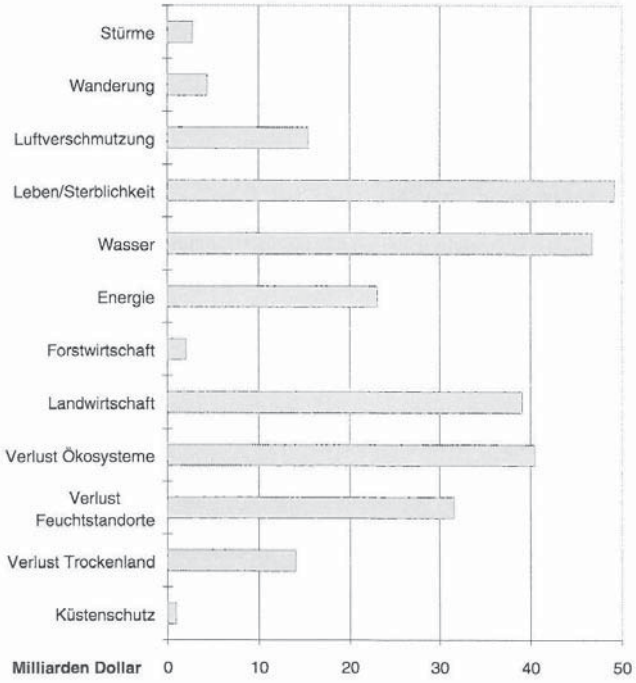
Literaturverzeichnis ... 203

Zusammenfassung

1. Schadenskostenschätzungen der Klimaänderung weltweit

Die weltweiten Schadenskosten einer Klimaerwärmung von +2.5°C bis im Jahr 2050 werden auf zwischen 1 bis 2 Prozent des Bruttosozialprodukts geschätzt. Es liegen aber auch Schätzungen vor, die auf mehr als 2 Prozent des globalen Bruttosozialprodukts kommen. Für die industrialisierten Länder sind die Schadenskosten mit 1 bis 1.5 Prozent des Bruttosozialprodukts als relativ gering zu bezeichnen. Für China und die unterentwickelten Länder werden weit höhere Schadenskosten (2 Prozent und mehr des Bruttosozialprodukts) geschätzt.

Abb. 0.1: **Weltweite Schadenskosten in Milliarden Dollar nach Bereichen**



Quelle: FANKHAUSER (1995, S. 55)

Aufgeschlüsselt nach Bereichen fallen die Sterblichkeit (v.a. in der Dritten Welt: Verhungern, Überflutungen), die Beeinträchtigung der Wasserversorgung, die Landwirtschaft und der Verlust von Küstengebieten (Verlust von Ökosystemen sowie Feucht- und Trockenstandorten) ins Gewicht.

Die Schätzungen der Schäden von Klimaerwärmungen sind mit hohen Ungewissheiten verbunden: So sind für die stark betroffenen Entwicklungsländer nur sehr rudimentäre Daten verfügbar, die kaum sehr präzise Schätzungen zulassen. Die Kostenschätzungen konzentrieren sich in der Regel auf die Erfassung der direkt messbaren Effekte, die das Marktgeschehen auf dem Preisstand des Jahres 1990 bzw. 1988 widerspiegeln. Qualitative Aspekte und wenig sichtbare Schäden werden kaum beachtet. Die Vermutung liegt nahe, dass damit eine deutliche Unterschätzung des effektiven Verlusts vorliegt, wenn auch die individuelle Wertschätzung stärker berücksichtigt würde.

Die Kostenschätzungen sind bezüglich verschiedener Annahmen höchst sensitiv: Der gewählte Zeithorizont, die Diskontierung, das Erwärmungsszenario wirken sich auf die Höhe der potentiellen Schadenskosten sehr deutlich aus. Die Variation der gewählten Annahmen können zu Schwankungen der Schätzwerte von Plus/Minus 50 bis 100 Prozent führen.

2. Vermeidungskosten zur Reduktion der Treibhausgase und Zahlungsbereitschaft

Die Kosten zur Vermeidung von Treibhausgasen (insbesondere CO2) nehmen bei weitergehenden Reduktionszielen zu. Für den Verkehr werden sie zwischen 50 Franken pro Tonne CO2 (Reduktion -20 Prozent) und 270 Franken pro Tonne CO2 (Reduktion -70 Prozent) geschätzt. Für die Bereiche Haushalte (v.a. Gebäude), Dienstleistungen und Industrie liegt nur eine Schätzung vor: Bei einer Halbierung der CO2-Emissionen sollen die Kosten pro reduzierte Tonne CO2 zwischen 100 und 130 Franken betragen.

Nur in einer Studie sind die Kosten für weitere Treibhausgasemissionen (CFC, CH4, N2O usw.) berechnet worden: Im Vergleich zu den CO2-Kosten liegen diese teilweise wesentlich tiefer.

Die empirische Basis der Vermeidungskostenberechnungen ist als eher schmal zu bezeichnen (u.a. nur Grobschätzungen, fehlende Angaben über Effizienzsteigerungen). Die Schätzungen der Vermeidungskosten mit Bottom-up Ansätzen gelangen – gegenüber Top-down-Schätzungen – in der Regel zu tieferen Werten. Dieses Resultat ist identisch mit den internationalen Schätzungen der CO2-Vermeidungskosten.

Die Zahlungsbereitschaft der Bevölkerung zur Reduktion der CO2-Emissionen ist gemäss einer Studie aus dem Jahre 1993 relativ gering: Es werden Werte von 9.30 Franken bis 16.- Franken pro Tonne CO2 angegeben (dies entspricht 0.2 bis 0.4 Prozent des Bruttosozialprodukts). Dies lässt sich einerseits mit einem geringen Informationsstand der Bevölkerung über die möglichen Schadensfolgen einer Klimaer-

wärmung erklären. Anderseits ist der akzeptierte Einkommensverlust in seiner Höhe nicht zu unterschätzen. Es ist sehr wohl möglich, dass sich in diesem Rahmen ein weitgehendes Klimaszenario – d.h. eine massive Absenkung der Treibhausgase ohne volkswirtschaftliche Verluste – realisieren lässt.

3. Auswirkungen der Klimaänderungen für die Schweiz

Für die Analyse der Auswirkungen von Klimaänderungen für die Schweiz wird von den Annahmen des Nationalen Forschungsprogramms 31 „Klimaänderungen und Naturkatastrophen" ausgegangen: Für den Zeitraum von 1800 bis 2030 werden Temperaturzunahmen von über +2°C angenommen. Für den Sommer ist der Temperaturanstieg – gegenüber dem Winter – leicht höher, wobei er in der Nordwestschweiz am meisten zunehmen soll (+2.7°C). Der geringste Anstieg wird mit +2.3°C für die Südwestschweiz geschätzt.

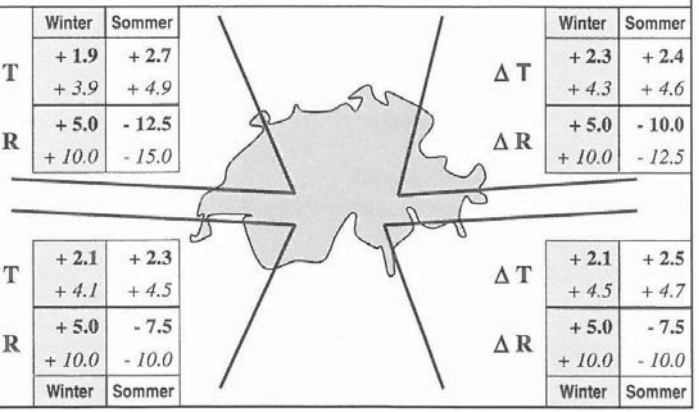
Die Niederschlagswerte weisen für alle Landesteile im Winter ein Plus von 5 Prozent auf. Für den Sommer sind Reduktionen von -7.5 bis -12.5 Prozent berechnet worden.

Abb. 0.2: **NFP 31 – Projektionen 2030 und 2100 – Arbeitshypothese**

NFP 31 – Projektionen 2030 und *2100*

Temperatur **T** in °C und Niederschläge **R** in Prozent

Ausgangslage: Jahr 1800; Szenario A (Business as usual)



	Winter	Sommer
Δ T	+ 1.9 + *3.9*	+ 2.7 + *4.9*
Δ R	+ 5.0 + *10.0*	- 12.5 - *15.0*

	Winter	Sommer
Δ T	+ 2.3 + *4.3*	+ 2.4 + *4.6*
Δ R	+ 5.0 + *10.0*	- 10.0 - *12.5*

	Winter	Sommer
Δ T	+ 2.1 + *4.1*	+ 2.3 + *4.5*
Δ R	+ 5.0 + *10.0*	- 7.5 - *10.0*

	Winter	Sommer
Δ T	+ 2.1 + *4.5*	+ 2.5 + *4.7*
Δ R	+ 5.0 + *10.0*	- 7.5 - *10.0*

Quelle: Programmleitung NFP 31, 1998, Arbeitshypothese

Im Laufe der Arbeiten des NFP 31 (1992 bis 1998) hat das ursprünglich angenommene Szenario allerdings eine Korrektur erfahren, da die Basisszenarien des IPCC aus dem Jahre 1990 im Jahre 1995 verändert worden sind, das heisst eine geringere Temperaturzunahme – v.a. wegen den Sulfat-Aerosolen – geschätzt werden. Diesem Umstand wird in der vorliegenden Studie Rechnung getragen, indem der ursprüngliche Zeitpunkt des NFP 31-Szenario vom Jahr 2030 auf das Jahr 2050 „verlegt" wird: Die vorausgesehenen Folgen von Erwärmung und zusätzlichen Niederschlägen treffen gemäss neuen Annahmen erst im Jahr 2050 ein. Die Überlegungen betreffen somit das Jahr 2050 – und nicht 2030.

Qualitative Beurteilung der Eintretenswahrscheinlichkeit von Wirkungen

Für jeden Bereich wird auf die Wahrscheinlichkeit des Eintretens einer Veränderung aufgrund der Klimaerwärmung eingegangen. Dabei ist nur – wenn überhaupt – eine qualitative Beurteilung der Eintretenswahrscheinlichkeit möglich.

Die vorliegenden naturwissenschaftlichen Ergebnisse zu wahrscheinlichen Auswirkungen mit Schaden- bzw. Nutzenfolgen der Klimaänderungen sind in der Regel zurückhaltend, teilweise sogar äusserst vage. Einzig für die Bereiche

- Erhöhung der Schneegrenze
- Gletscherschwund
- Erhöhung der Permafrostgrenze
- Wanderungen, Flüchtlinge

können mit einer (relativ) hohen Wahrscheinlichkeit Wirkungen mit allfälligen Schaden- bzw. Nutzenfolgen erwartet werden.

Für die weiteren Bereiche

- Schneedauer
- Murgänge
- Abflussregime: Winter statt Sommer
- Hochwasser/Überschwemmungen
- Grundwasser/Trockenheit
- Sommerstürme/Hagel/Winterstürme
- Nicht standortgerechter Wald, erhöhte Waldgrenze
- Waldbrände Südalpen
- Landwirtschaft

wird mit einer „mittleren" oder „geringen" Eintretenswahrscheinlichkeit gerechnet. Für einige untersuchte Bereiche können keine oder nur sehr ungewisse Aussagen gemacht werden (z.B. Murgänge randalpin, Krankheits- und Sturmanfälligkeit Wald). Die Lawinentätigkeit soll gar verringert werden.

Das Mass der Auswirkungen: Mögliche Schäden und Nutzen

Recht ausgeprägte Wirkungen mit einem relativ hohen Ausmass an Schäden werden für den Tourismus, insbesondere den Wintersporttourismus erwartet. Ebenfalls können zusätzliche Hochwasser und Überschwemmungen – allerdings bei einer recht unsicheren Eintretenswahrscheinlichkeit, aber einem hohen Schadenspotential – nicht ausgeschlossen werden. Allenfalls stellt sich aufgrund von zusätzlichen Flüchtlingsströmen eine grössere Belastung für die Schweiz ein.
Für die übrigen Bereiche werden „mittlere", „geringe" oder gar „keine" Wirkungen bzw. Schäden erwartet. Dies schliesst allerdings nicht aus, dass „mittlere" und „geringe" Schäden lokal und regional durchaus ein hohes Ausmass annehmen. Die betroffene Bevölkerung (vor allem im voralpinen Raum, Jura und im Berggebiet) wird auf diese Schäden sensibel reagieren. In der politischen Diskussion werden deshalb auch „mittlere" und „geringe" Schäden von einiger Bedeutung sein.

In einem gewissen Ausmass wird erwartet, dass sich in den Bereichen Tourismus (Sommerfrische) und Energiewirtschaft beschränkte Nutzen bzw. Gewinne einstellen können.

Tabelle 0.1: **Übersicht – Auswirkungen der Klimaänderungen für die Schweiz Jahre 2030 bis 2050**

Bereiche	Wahrscheinlichkeit des Eintretens	Ausmass Wirkungen (Schäden bzw. Nutzen)	Betroffenheit
Schneegrenze +300 bis +500m	+++	- - -	Voralpen, Jura
Schneedauer - 20 bis -40%	++	- - -	Tourismus, vor allem Wintertourismus
Gletscherzahl - 80%	+++	-	Tourismus, Gesellschaft, Umwelt, Wasserressourcen
Gletscherfläche - 70%	+++	-	
Änderung Lawinenniedergänge	-	(+-)	Personen, Gebäude, Fahrhabe, Infrastrukturen
Permafrostgrenze +200 bis +700m	+++	-	Hochalpin (2400 m) Infrastrukturen, Seilbahnen ev. Siedlungen
Murgänge hochalpin	+	-	Gebäude, Fahrhabe, Infrastrukturen, Landschaften
Murgänge randalpin	+-	-	
Abflussregime: Winter statt Sommer	++	-	Umwelt, Wasserressourcen Stromproduktion
Hochwasser, v.a. alpin	+	- - -	Personen, Gebäude, Fahrhabe, Infrastrukturen
Überschwemmungen	++	- - -	
Grundwasser	+	- -	Wasserressourcen Wasserversorgung Landwirtschaft
Trockenheit	++	-	
Sommerstürme/Hagel	++	-	Gebäude, Fahrhabe, Infrastrukturen, Land- und Forstwirtschaft
Winterstürme	+	- -	
Wald			
- Nicht standortgerecht: 25 bis 30% um +5 bis +30%	++	-	Erlösminderung
- Krankheits-, Sturmanfälligkeit	+-	(-)	Verlust Schutzfunktionen
- Zunahme Biomasse	+-	(+)	Erlössteigerung
- Waldgrenze: +100 bis +300m	+	+	erhöhte Schutzfunktionen
- Waldbrände Südalpen	++	-	Siedlungen, Erlösminderung
Landwirtschaft (Pflanzenbau)	++	+-	Ertrag, Einkommen
Biodiversität	+	(-)	Umwelt, Flora Berggebiet
Gesundheit	+-	(+-)	Gesellschaft
Wanderungen, Flüchtlinge	+++	- - -	Gesellschaft, Wirtschaft

Legende:

Eintretenswahrscheinlichkeit von Wirkungen aufgrund Klimaszenario:

+++ (Relativ) Hohe Wahrscheinlichkeit des Eintretens

++ Mittlere Wahrscheinlichkeit des Eintretens

+ Geringe Wahrscheinlichkeit des Eintretens

+- Keine bzw. sehr ungewisse Wahrscheinlichkeit des Eintretens

- Abnahme der Wahrscheinlichkeit des Eintretens

Auswirkungen mit allfälligen Folgen (Schäden bzw. Nutzen-, Gewinnpotential):

- - - Hohe Auswirkungen mit negativen Folgen: Hohes Schadenspotential

- - Mittlere Auswirkungen mit negativen Folgen: Mittleres Schadenspotential

- Geringe Auswirkungen mit geringem Schadenspotential

+ Geringe Auswirkungen mit positiven Folgen: Nutzen- oder Gewinnpotential

( ) Sehr unsichere Wirkung: wird nicht weiter verfolgt.

Quelle: Vergleiche dazu „Diskussion der Auswirkungen": Kapitel 3.3 ff.

Die Auswirkungsanalysen sind in mehrfacher Hinsicht in ihrer Aussagekraft limitiert:

- Methodisch handelt es sich um Partialanalysen: Rückkoppelungen sind vielmals noch nicht bekannt oder sie können kaum in umfassende Modelle integriert werden. Es ist nicht auszuschliessen, dass bei vertieften Analysen gewisse Effekte sogar in ihr Gegenteil umschlagen.
- In den Studien ist nicht immer ganz klar, ob die Analysen ex-post oder ex-ante orientiert sind. Bei den Ex-post-Analysen müsste versucht werden – neben möglichen Klimaeffekten – den Einfluss von menschlichen Eingriffen (z.B. zusätzliche Infrastrukturbauten im Rahmen von Unwetteranalysen) isoliert zu bestimmen.
- Bei weitergehenden naturwissenschaftlichen Analysen müssten – vorgängig zu weiteren Detailanalysen – sinnvollerweise einige methodische Reflektionen angestellt werden: z.B. Relevanz von einzelnen Aspekten, Analyse der Rückkoppelungen, Isolation des Einflusses der menschlichen Aktivitäten.
- Alle Überlegungen beziehen sich auf das Klimaszenario für das Jahr 2050. Die allenfalls wesentlich höheren Temperaturzunahmen und die veränderten Niederschlagsmengen im Jahr 2100 finden keine Beachtung. Es kann mit grosser Sicherheit gesagt werden, dass die Einflüsse beim Szenario 2100 wesentlich ausgeprägter wären.

Insgesamt sind die vorliegenden Grundlagen als recht unsicher bis sehr unsicher zu bezeichnen. In keinem Bereich kann auf einer Basis mit hoher Sicherheit argumentiert werden.

4. Potentielle Schadenskosten der Klimaänderungen für die Schweiz

Die vorliegende Studie weist Schadenskosten bei einer Klimaerwärmung in der Höhe von zirka 2'300 Millionen Franken bis 3'200 Millionen Franken aus (Preisstand 1995). Dies entspricht knapp 1 Prozent des Bruttosozialproduktes im Jahre 1995. Die Nutzen werden mit zirka +160 Millionen Franken beziffert.

Die durchschnittlichen Schadenskosten betragen für die Schweiz beim unteren Wert von 2'300 Millionen Franken zirka 60 Franken pro Tonne CO2, bei 3'200 Millionen Franken sind es 80 Franken pro Tonne CO2.

Für den Tourismus wird insgesamt ein Verlust der Wertschöpfung von -1780 bis -2'280 Millionen Franken geschätzt. Als Verlierer stehen insbesondere die subalpinen Regionen und der Jura im Vordergrund (-1'600 bis -2'100 Millionen Franken). Einzelne Regionen werden hart betroffen. Der Wegfall des Gletscherskifahrens und ein Attraktivitätsverlust durch den Gletscherschwund werden mit 180 Millionen Franken veranschlagt. Relativ bessere klimatische Verhältnisse im Sommer können im Vergleich zu den heissen mediteranen Regionen, versinkenden Inseln sowie Küstenstreifen im Meer zu einem Attraktivitätsgewinn führen und eine zusätzliche Wertschöpfung nach sich ziehen (zirka 100 Millionen Franken).

Zahlreichere und verstärkte Hochwasser sowie Überschwemmungen lassen zusätzliche Kosten in der Grössenordnung von zirka 135 bis 450 Millionen Franken pro Jahr erwarten. Die Schätzungen gehen von einer Hochrechnung bestehender Schadenskosten für Unwetterschäden bzw. Elementarschäden aus. Die Werte sind – aufgrund der ungewissen Eintretenswahrscheinlichkeit von Hochwasser und Überschwemmungen im Klimafall – mit recht grossen Unsicherheiten verbunden.

Für die Bereiche

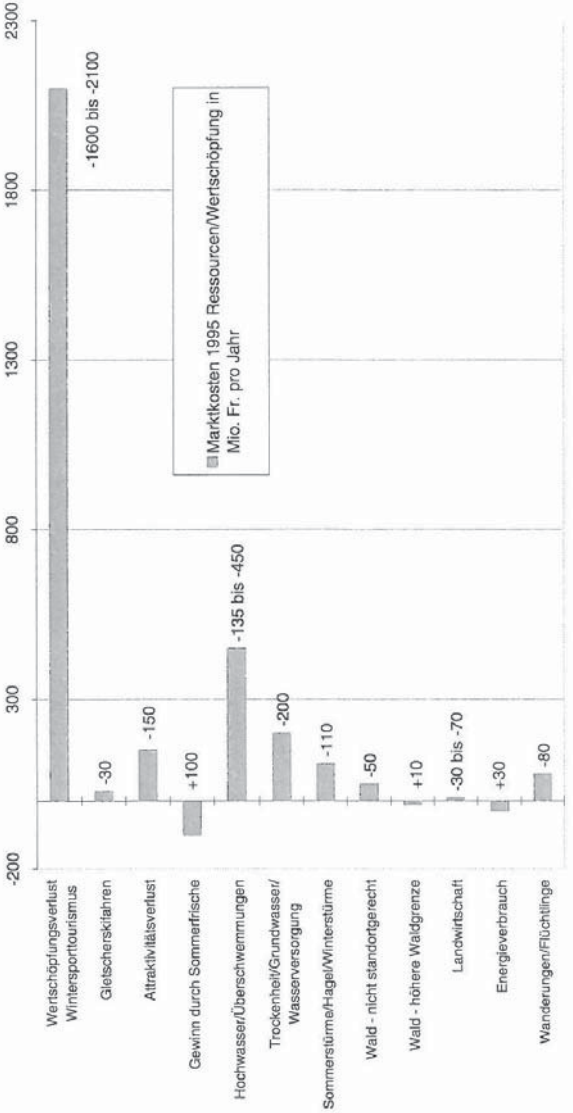
- Trockenheit, Grundwasser/Wasserversorgung
- Sommerstürme/Hagel, Winterstürme
- Wald
- Migration/Flüchtlinge

werden Schadenskosten in zwei- bis dreistelliger Millionenhöhe ausgewiesen. Sie können als recht bedeutungsvoll bezeichnet werden.

Die Landwirtschaft erleidet – trotz CO2-Düngungseffekt, der Verlängerung der Vegetationsperiode und der Verschiebung der Höhenlage nach oben – wegen sinkender Weltmarktpreise eine leichte Ertragseinbusse von zirka 30 bis 70 Millionen Franken.

Für die „Energie" werden leichte Gewinne verzeichnet (+30 Millionen Franken): Die Gewinne durch den Minderverbrauch von Energie überwiegen leicht gegenüber dem Mehrverbrauch für das Kühlen im Sommer.

Abb. 0.3: **Schadenskosten und Nutzen von Klimaänderungen – Bezugsjahr 1995 Klimaszenario NFP 31**



Quelle: Eigene Berechnungen/Literaturhinweis in den Kapiteln 4.3 ff.

Für die „Biodiversität" werden keine Angaben gemacht, da für die Schweiz bisher keine Kostenschätzungen vorliegen und im Rahmen dieser Arbeit keine entsprechenden Erhebungen möglich sind. Für die Gesundheit wird kein Schadenspotential vermutet.

Insgesamt sind die Kosten zurückhaltend bewertet worden: Es werden nur Kosten ausgegewiesen, die – unter Beachtung der getroffenen Annahmen – mit einer gewissen Sicherheit anfallen können. Für die Beurteilung der Ergebnisse ist weiter zu beachten:

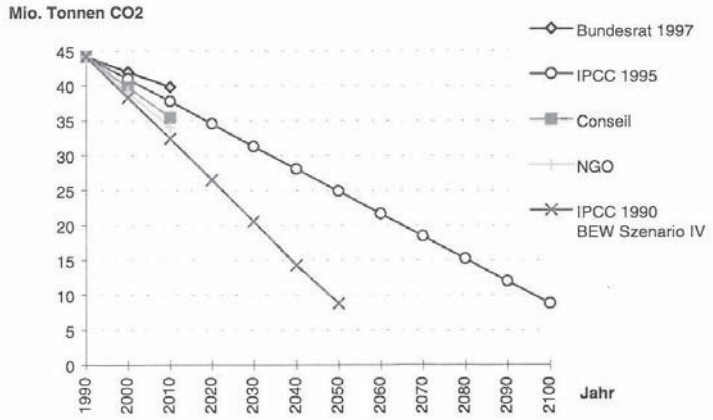
- Es werden nur Produktions- oder Marktkosten (Ressourcen- und Wertschöpfungsverluste) auf der Basis der Preise des Jahres 1995 berücksichtigt. Veränderte Konsumenten- und Produzentenrenten, die bei einer reduzierten Nachfrage eintreten, werden nicht berücksichtigt.
- Individuelle Nutzwerte bleiben vollständig ausgeklammert. Für verschiedene Bereiche dürften diese recht erheblich sein. Es findet eine deutliche Unterschätzung der Kosten der Klimaerwärmung statt.
- Es werden keine Katastrophenszenarien angenommen. Würden aufgrund der Klimaänderungen nachhaltige Grossereignisse eintreten, so müssten allein die Marktkosten um ein Mehrfaches erhöht werden.
- Die Analyse wird für den Zeitraum 2030 bis 2050 vorgenommen. Bei anhaltenden Treibhausgasemissionen ist es durchaus möglich, dass eine weit drastischere Erwärmung eintritt und die Schadenskosten die ausgewiesenen Werte für den Zeitraum von 2030 bis 2050 um ein Mehrfaches übersteigen dürften.
- Es werden potentielle Schadenskosten berechnet. Hingegen ist es nicht möglich, die Kaufkrafteffekte (ev. erhöhtes Sparen, andersgelagerte Inland- und/oder Auslandnachfrage) zu analysieren, die bei einer Nachfragereduktion (z.B. Wintersporttourisums) eintreten können.
- Es wird kein Minimalkostenpfad untersucht, der eine Optimierung der Schadens- und Vermeidungskosten berücksichtigt. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass bei einer geschickten Vermeidungsstrategie die potentiellen Schadenskosten geringer ausfallen könnten.

5. Die weltweite Emissionsentwicklung und die Reduktionsziele

Gemäss den Schätzungen des IPCC 1995 sollten die CO2-Emissionen bis ins Jahr 2100 um -70 bis -80 Prozent vermindert werden. Im Vergleich zu den möglichen Trendszenarien ergibt sich ein enormer Handlungsbedarf.

Die Ziele einer nationalen Klimapolitik werden in der Schweiz kontrovers diskutiert: Im Gegensatz zu der offiziellen Botschaft des Bundesrates für ein CO2-Gesetz empfehlen Studien und Berichte von privaten Organisationen und Kommissionen teilweise weit ambitiösere Reduktionsziele. Ebenfalls wird mit einem längeren Zeithorizont gearbeitet.

Abb. 0.4: **Absenkpfad für CO2-Emissionen für die Schweiz**



Die bundesrätliche CO2-Vorlage aus dem Jahre 1997 verfehlt den Absenkpfad des IPCC 1990, aber auch des IPCC 1995 recht deutlich. Es müssten nach dem Jahr 2010 stärkere Massnahmen eingeleitet sein, falls der IPCC Absenkpfad erreicht werden soll.

6. Energieperspektiven und CO2-Emissionen

Vom Bundesamt für Energiewirtschaft (BEW) sind Energie- und CO2-Emissionsszenarien erarbeitet worden. Sie stellen eine geeignete Grundlage dar, eine konkrete Diskussion über die Grenzen und Handlungsmöglichkeiten einer aktiven Klimapolitik zu führen.

Die Szenarien der Energieperspektiven stellen immer nur denkbare Entwicklungsmöglichkeiten dar. Die Resultate werden von den getroffenen Annahmen beeinflusst. Insgesamt dürfen die Annahmen als realitätsbezogen bezeichnet werden. Tendenziell liegen sie eher auf der sicheren Seite.

Tabelle 0.2: **Überblick Energieszenarien mit Annahmen Energiepolitik**

Szenario I: Beschlossene Massnahmen	
Energienutzungsbeschluss (ENB), Energie 2000, Luftreinhaltepolitik	
Szenario II: Beabsichtigte Massnahmen	
IIa	Beschlossene Massnahmen plus Energiegesetz, leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe, Finanzierung OeV (NEAT-Zehner)
IIb	IIa plus CO2-Abgabe-Gesetz
Szenarien III: Volksinitiativen	
IIIa	IIa plus Energie-Umwelt-Initiative
IIIb	IIa plus Solar-Initiative
IIIc	IIa plus Energie-Umwelt- und Solarinitiative
IIId	IIa plus modifizierte Solar-Initiative (halber Abgabesatz, gelockerte Zweckbindung der Einnahmen)
Szenario IV: Verstärkte Klimapolitik (Klimaszenario)	
IV	Lenkungsabgaben: +200 bis +230 Prozent, international harmonisiert

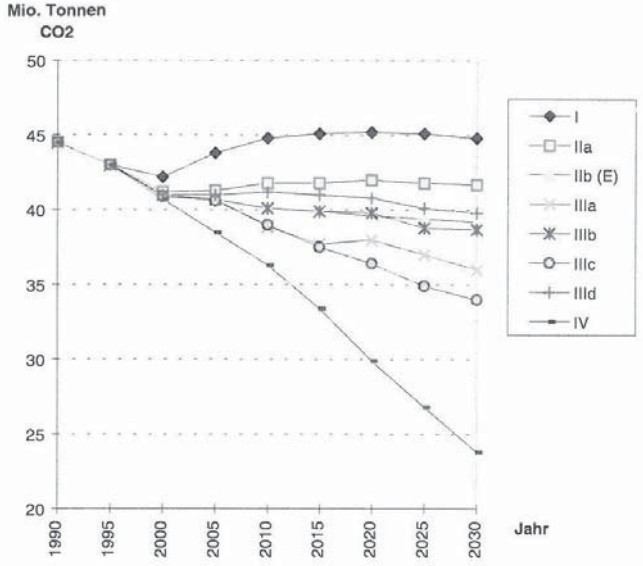
Quelle: Aktionsprogramm Energie 2000 (1997), S. 59

Das Szenario I (Trend) ist kein Laisser-Faire-Szenario. Es wird mit der Umsetzung von einigen Massnahmen gerechnet. Falls diese Massnahmen abgebaut oder reduziert würden, müsste mit höheren CO2-Emissionen gerechnet werden. International tragfähige Klimaziele für die Schweiz würden weit verfehlt.

Das Szenario II (Energie- und CO2-Abgabegesetz) vermag die CO2-Zielsetzungen des Bundesrats aus dem Jahre 1997 zu erfüllen (-10 Prozent CO2-Reduktion im Jahr 2010 gegenüber 1990). Damit kann aber kein nachhaltiger Klimapfad beschritten werden, wie er etwa vom IPCC skizziert wird. Heutige Schätzungen lassen für das Jahr 2010 ein Defizit von zirka 15 Prozent gegenüber dem IPCC-Ziel erwarten.

Die Szenarien III (Energie-Umwelt- und Solarinitiativen) stellen entscheidende Schritte in Richtung nachhaltige Klimapolitik dar. Trotz recht weitgehenden Massnahmen werden die Klimaziele aber doch um einiges verfehlt.

Abb. 0.5: **CO2-Emissionen nach den Szenarien I bis IV**



Quelle: PROGNOS (1996a)

Das Klimaszenario (Szenario IV) strebt eine CO2-Reduktion von 60 Prozent bis zum Jahr 2030 an, wie dies vom IPCC im Grundsatz gefordert wird. Es zeigt sich, dass das technische Potential für dieses Klimaszenario vorhanden ist. Ebenfalls kann von einer wachsenden Wirtschaft mit steigendem Flächenkonsum ausgegangen werden. Kritisch ist hingegen die politische Umsetzung des Klimaszenarios: Es müssen weitgehende Annahmen wie internationale Harmonisierung von Klimamassnahmen und hohe Energiepreissteigerungen getroffen werden. Es ist eine offene Frage, ob diese Voraussetzungen in den nächsten Jahren erfüllt werden können.

Die wirtschaftlichen Auswirkungen von Energie- und CO2-Massnahmen

In den letzten Jahren sind die wirtschaftlichen Auswirkungen der BEW-Szenarien detailliert untersucht worden: Es wurden zirka 20 Studien durchgeführt, die vor allem unterschiedlich hohe Energiepreissteigerungen aber auch weitere Massnahmen (Information, Beratung) untersuchen. Methodisch sind allgemeine Gleichgewichtsmodelle, Input-Output-Modelle und Partialanalysen eingesetzt worden.

Tabelle 0.3: **Studien über die wirtschaftlichen Auswirkungen von Energie- und CO2-Abgaben bzw. Massnahmen**

STUDIE	Modell Analyse-ansatz:	Energie- und CO2-Abgabesätze:	Win-win-Effekte (Double Dividend)	
			Starke Form: positives Wachstum	Schwache Form: - positive Beschäftigung - keine positiven Wachstumseffekte
STEPHAN et al. (1991/1992)	GGM	*	nein	nein
STEPHAN (1994)		**	nein	ja
PROGNOS (1993)	IOM	*	ja	ja
KIRCHGÄSSNER/MEYER ZU HIMMERN (1995)	IOM	**	teilweise ja	knapp nein
MEYER ZU HIMMERN (1997)	GGM	**	nein	ja
MÜLLER (1995)	GGM	**	nein	nein
FELDER/ NIEUWKOOOP (1995)	GGM	**	teilweise	offen
PROGNOS (1996)	IOP	*	ja	ja
INFRAS/ECOPLAN (1996)	GGM	**	teilweise	ja
ECOPLAN (1996)	GGM	**	teilweise	ja
PREVIDOLI/STEPHAN (1996)	GGM	**	knapp nein	offen
BASICS (1996)	PAL	**	keine Antwort	beschränkt
PROGNOS et.al. (1997)	PAL	***	offen/ unsicher	eventuell/ unsicher
E. BASLER PARTNER/ECOPLAN (1996)	PAL	*	beschränkt	ja
INFRAS (1997)	PAL	-	keine Antwort	ja

Legende:

Modelle

GGM: Gleichgewichtsmodell
IOM: Input-Ouput-Modell
PAL: Partialanalyse

Energiepreiserhöhungen

*	tief	(+10 bis +30 %)
**	mittel	(+50 bis +150 %)
***	hoch	(> +200%)

Quelle: Siehe Namen der Studien, Eigene Zusammenstellung

Neben den Energie- und CO2-Effekten sind wirtschaftliche Makrogrössen wie Wachstum, Wohlfahrt, Beschäftigung, Aussenhandel, Wechselkurse analysiert worden. Ebenfalls sind Aussagen zu Struktureffekten auf der Ebene der Branchen, Regionen und Verteilung (Haushalte „reich"/"arm") untersucht worden.

Insgesamt weisen die Ergebnisse eine hohe Homogenität auf. Von allen Untersuchungen werden – je nach Ausgestaltung der Abgaben – spürbare Energie- und CO2-Reduktionen festgestellt.
Die gesamtwirtschaftlichen Auswirkungen (u.a. Wachstum, Beschäftigung, Wettbewerbsfähigkeit) werden durchwegs als gering eingestuft; gegenüber gesamtwirtschaftlichen Veränderungen wie Wechselkurse, technische Innovationen usw. sind sie praktisch vernachlässigbar.
Bei Energiepreiserhöhungen kann mit Win-win-Effekten gerechnet werden, d.h. es sind – neben den Energie- und CO2-Reduktionen – gleichzeitig positive Wachstumsimpulse (Double-Dividend in starker Form) und Beschäftigungseffekte (Double-Dividend in schwacher Form) zu erwarten. Die doppelte Dividende in schwacher Form wird praktisch durchwegs verifiziert, teilweise sogar auch die in der starken Form. Falls Wachstumseinbussen gesichtet werden, so sind diese in allen jüngeren Studien als bescheiden zu bezeichnen. Sie werden von den reduzierten externen Effekten (reduzierte Umweltbelastungen im Inland und verminderte CO2-Emissionen) – die ebenfalls als ein Wohlfahrtselement zu betrachten sind – mehr als kompensiert.
Das Ausmass der positiven Wirtschaftseffekte bei Energie- und CO2-Massnahmen darf allerdings nicht überschätzt werden. Gemäss den Untersuchungen verbessert sich das Wachstum und/oder die Beschäftigung im Laufe von mehreren Jahren bzw. Jahrzehnten im besten Fall um einige wenige Prozent.
Die positiven Wirtschaftseffekte sind das Resultat von spezifischen Mechanismen: Verlagerung der importierten Energienachfrage auf die Binnenwirtschaft, Anreize zu Energiesparinvestitionen mit einer erhöhten Investitionsquote und Multiplikatoreffekten, Strukturwandel von der kapitalintensiven Energiebranche zu arbeitsintensiveren Branchen (z.B. Bauwirtschaft).
Die Studienergebnisse legen für die Schweiz kurz- und mittelfristig einen klimapolitischen Alleingang (besser Vorausgang) nahe: gegenüber der Kooperation werden zumindest gleich positive, teilweise sogar höhere Wachstums- und Beschäftigungseffekte erzielt.
Die längerfristigen Perspektiven eines ökologischen Vorausgangs sind unsicherer. Sie hängen entscheidend von der internationalen Klimapolitik ab. Die Vorteile des Vorausgangs können nur aufrecht erhalten werden, wenn weltweit oder zumindest in den industrialisierten Ländern die Energiepreise ebenfalls erhöht werden. In dieser Situation ist mit grosser Wahrscheinlichkeit zusätzlich ein First-Mover-Vorteil zu erwarten: Bereits entwickelte energieeffiziente Technologien werden auf dem Weltmarkt attraktiv. Ihre Nachfrage wird zunehmen, es erschliessen sich für die Schweizer Wirtschaft neue Exportmärkte.
Mit einem umweltpolitischen Vorausgang im Klimabereich wird keineswegs nur ein Beitrag an die Wohlfahrt der internationalen Staatengemeinschaft geleistet. Die reduzierten externen Kosten zeigen, dass diese in einem hohen Ausmass hausgemacht sind und der Nutzen der Verminderung lokal und regional anfällt. Der Beitrag der reduzierten externen Kosten – der als internationaler Beitrag verbucht werden kann – beträgt nur zirka 20 Prozent.
Mit Blick auf die klimapolitischen Notwendigkeiten und die möglichen positiven – wenn auch relativ bescheidenen – Wachstums- und Beschäftigungseffekte müssen die vom Bundesrat festgelegten CO2-Ziele als zu zurückhaltend bezeichnet werden. Angesichts des vorhandenen technischen, umwelt- und wirtschaftspolitischen Potentials drängt sich eine weitergehende Zielvorgabe auf, die näher am Absenkpfad einer

nachhaltigen Klimapolitik liegt. Gleichzeitig sollte für die CO2-Politik des Bundes eine längerfristige Perspektive als das Jahr 2010 gewählt werden.
Energiemassnahmen- und Energiepreiserhöhungen kennen auch Verlierer. Weltweit stehen die Förderländer der fossilen Energieträger im Vordergrund. Sie werden Einnahmen verlieren und zu Umstrukturierungen gezwungen sein. Falls die CO2-Emissionen tatsächlich reduziert werden sollen, so sind diese Prozesse unumgänglich. Sie sind zwingender Bestandteil einer nachhaltigen Klimapolitik.
Im Inland gehören einzelne Branchen und Betriebe zu den Gewinnern bzw. den Verlierern. In den präsentierten Studien werden dazu recht detaillierte – und weitestgehend übereinstimmende – Ergebnisse generiert.
Zur Milderung des Strukturwandels – vor allem auch zur Verhinderung der Abwanderung der energieintensiven Betriebe – werden Sonderregelungen im Detail diskutiert.
In wirtschaftlicher Hinsicht ist ein nachhaltig orientiertes Klimaszenario (CO2-Reduktionen > 50 Prozent bis ins Jahr 2050) mit verschiedenen offenen Fragen verbunden. Unter der Annahme von hohen Energiepreissteigerungen über eine längere Zeitdauer im Rahmen eines international harmonisierten Vorgehens sind die zu vermutenden Wirtschaftseffekte für die Schweiz durchaus tragbar. Leicht positive Wachstums- und vor allem Beschäftigungseffekte können nicht ausgeschlossen werden. Mit grosser Wahrscheinlichkeit wird sich der Strukturwandel akzentuieren. Er dürfte aber durchaus zu bewältigen sein. Als zentrale Frage bleibt somit die politische Akzeptanz griffiger Energiepreissteigerungen auf nationaler und internationaler Ebene.

Dans l'étude

Aspects socio-économiques des changements climatiques et des catastrophes naturelles les coûts potentiels d'un réchauffement climatique de 2°C en l'an 2050 sont estimés entre 2'300 et 3'200 millions de francs environ.

Le tourisme des sports d'hivers avec une perte annuelle de plus-value de 1'600 à 2'100 millions de francs environ est le plus touché. L'accroissement des dégâts dus aux intempéries (de 135 à 450 millions de francs par année), à la sécheresse (environ 200 millions de francs) et aux tempêtes (de 70 à 120 millions de francs) peuvent entraîner des coûts dépassant le million francs. Les frais d'assistance aux réfugiés des îles et régions côtières submergées s'élèvent à 100 millions de francs tout au plus. Un bénéfice potentiel dans les domaines de l'énergie et d'un climat estival plus clément en montagne (fraîcheur estivale) de 140 millions de francs approximativement est justifié. Les frais potentiels des dommages ne comprennent pas les mesures d'évitement telles que l'exploitation de lances-neige, la viabilité des régions enneigées en haute altitude ainsi que la protection contre les hautes eaux en aménageant le territoire ou en construisant des installations protectrices. L'aversion du risque (estimation individuelle) elle non plus n'est pas tenue en compte.

Les estimations des coûts se basent sur des analyses scientifiques du PNR 31: changements climatiques et catastrophes naturelles. La probabilité d'une telle évolution et l'étendue de ses conséquences sont qualitativement jugées par domaines de dommages.

L'aspect climatique international des changements climatiques est traité en représentant par régions et domaines les coûts des dégâts survenus dans le monde entier et en rendant compte des objectifs de l'IPCC (International Panel on Climate Change) qui visent à réduire les gaz à effet de serre.

Pour la Suisse, les objectifs climatiques de la Confédération, des commissions et des associations pour l'environnement sont présentés et les études pour la prévention d'émissions de CO2, resp. de gaz à effet de serre sont décrites. Les perspectives d'énergie de l'Office fédéral de l'énergie démontrent l'évolution des émissions en CO2. L'analyse des conséquences économiques résultant de ces mesures restrictives (entre autres augmentation du coût de l'énergie) s'appuie sur l'évaluation de 20 études. Il s'avère que dans l'environnement, la croissance et l'occupation, des résultats positifs sont réalisables en augmentant faiblement les coûts de l'énergie (jusqu'à 100% environ). Que la Suisse prenne les devants pourrait être un réel avantage. Cependant, la réalisation des objectifs de l'IPCC nécessite aussi une coordination internationale du développement économique.

In the study

Socio-economical aspects of climate changes and natural disasters the potential costs of a climate change of 2 °C in 2050 are estimated at about 2'300 to 3'200 millions of francs.

The winter sport tourism is most touched with a yearly loss of value added of 1'600 to 2'100 millions of francs approximately. The increase of damages due to bad weather (135 to 450 millions of francs each year), to aridity (about 200 millions of francs) and to storms can involve costs of more than a million of francs. The costs to assist the refugees from submerged island and costal areas betray at most about 100 millions of francs. A potential "benefit" in the energy sector and in a more agreeable summer climate in the mountains (summer freshness) amounts to about 140 millions of francs. The potential damage costs do not take into account any measure of prevention like the exploitation of snow canons, the viability of higher situated snow regions as well as the opening of areas and the building of preventing installations. The aversion of risks (individual appreciation) is not considered as well.

The cost estimations are founded on scientific analyses of the NRP 31: climate chages and natural disasters. The probability of such an evolution as well as the extension of the consequences have been estimated with regard to quality. The international aspect of the climate changes is treated with the representation of the worldwide damage costs and the objectives for a reduction of the greenhouse gases have been reported by the International Panel on Climate Change (IPCC).

For Switzerland, the Confederation, the commissions and environmental associations present the climatic aims and the studies of the cost of prevention of CO2 emissions and greenhouse gases respectively. The evolution of the CO2 emissions are demonstrated by the energy perspectives established by the Federal office for energy. The analyse of the economical impacts of energy and CO2 measures (among them, increase of price for energy) is based on the evaluation of 20 studies. It shows that positive results in environment, growth and occupation could be reached by a relatively low energy costs increase (up to approximately 100%). If Switzerland takes the lead, this could mean a real advantage. On the economic side, the realisation of the IPCC objectives though involves an international collaboration.

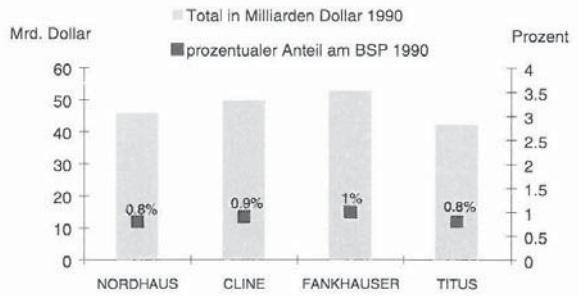
1. Schadenskosten der Klimaänderung weltweit

1.1 Übersicht

1.1.1 Standardisierte Schätzungen für die USA

Erste Berechnungen zu den Schadenskosten von Klimaänderungen sind für die USA vorgenommen worden. Dabei schätzen NORDHAUS (1991b), CLINE (1992), FANKHAUSER (1995) und TITUS (1992) die Klimaschäden auf zwischen 55 und 111 Milliarden US-Dollar bezogen auf das Jahr 1990 (vgl. dazu Abb. 1.1, bzw. Tabelle 1.1 im Anhang A-1).

Abb. 1.1: **Standardisierte jährliche Schadenskosten für die USA**
(2050: Erwärmung +2.5°C; Anstieg Meeresspiegel +0.5 Meter)



Quelle: SMITH 1995

Die Schätzungen gehen dabei in Bezug auf Klimaänderungen, Diskontierungsrate, Bevölkerungswachstum, Wirtschaftswachstum usw. von verschiedenen Annahmen aus. Eine Standardisierung der Annahmen – das heisst eine Harmonisierung – führt zu einer besseren Vergleichbarkeit der Schadenskosten.

So zeigt SMITH (1995) auf, dass bei

- einer Verdoppelung der CO2-Emissionen gegenüber dem vorindustriellen Zustand bis ins Jahr 2050,
- einer generellen Erwärmung von 2.5°C bis 2050,
- einem Meeresspiegelanstieg von 50 cm,
- einer Diskontierung der Schadensszenarien im Jahre 2050 mit 4 Prozent auf das Jahr 1990 (Benchmark)

die Studien vergleichbare Schadenskosten aufweisen. Die vier Untersuchungen kommen auf Werte zwischen 42.3 und 52.8 Milliarden Dollar (vergleiche Abb. 1.1). Dies entspricht knapp einem Prozent des Bruttoinlandprodukts der USA im Jahre 1990.
Die obigen Annahmen haben sich als "Benchmark" für sozioökonomische Klimauntersuchungen eingespielt: Sie stellen den zentralen Ausgangspunkt für die meisten Analysen über Kosten und Nutzen der Klimaänderungen dar.

1.1.2 Weltweite Schadenskosten

Die Schätzungen der Schadenskosten für die USA sind in den letzten Jahren verfeinert und weltweit hochgerechnet worden.
Die neueste Schätzung stammt von FANKHAUSER (1995). Sie geht ebenfalls von den Benchmark-Annahmen aus: Verdoppelung der CO2-Emissionen bis im Jahr 2050, Zunahme der globalen Erwärmung um 2.5°C usw. Die Schadenskosten beziehen sich bei FANKHAUSER allerdings auf das Jahr 1988 (vgl. Tabelle 1.2).

Tabelle 1.2: **Weltweite Schadenskosten in Milliarden Dollar**

	EU	USA	Ex-UdSSR	China	OECD	Welt
Küstenschutz	0.1	0.2	0.0	0.0	0.4	0.9
Verlust an Trockenland	0.3	2.1	1.2	0.0	8.1	14.0
Verlust an Feuchtstandorten	4.9	5.6	1.2	0.6	16.9	31.6
Verlust an Ökosystemen	9.8	7.4	2.3	2.2	25.5	40.5
Landwirtschaft	9.7	7.4	6.2	7.8	23.1	39.1
Forstwirtschaft	0.1	0.6	0.4	0.0	1.8	2.0
Fischerei a)	-	-	-	-	-	-
Energie	7.0	6.9	-0.7	0.7	20.5	23.1
Wasser	14.0	13.7	3.0	1.6	34.8	46.7
Leben/Sterblichkeit b)	13.2	10.0	2.3	2.9	34.4	49.2
Luftverschmutzung	3.5	6.4	2.1	0.2	11.9	15.4
Wanderung	1.0	0.5	0.2	0.6	2.0	4.3
Stürme c)	0.0	0.2	0.0	0.1	1.0	2.7
Total	63.6	61.0	18.2	16.7	180.4	269.5
Prozent am BSP	1.4	1.3	0.7	4.7	1.3	1.4

a) Verluste der Fischerei sind in den Feuchtstandort-Verlusten eingeschlossen

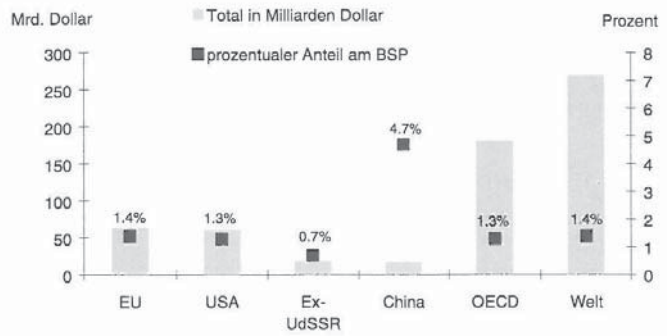
b) nur Sterblichkeit

c) nur Hurrican Schäden

Quelle: FANKHAUSER (1995, S. 55)

Weltweit werden Schadenskosten von 269.5 Milliarden Dollar ausgewiesen. Dies entspricht 1.4 Prozent des Welt-Bruttosozialproduktes des Jahres 1988. Dabei sind regional massive Unterschiede festzustellen (vgl. dazu Abb. 1.2, bzw. Tabelle 1.3, Anhang A-1).

Abb. 1.2: **Weltweite Schadenskosten nach Regionen**



Quelle: FANKHAUSER (1995, S. 55)

So liegen die Schadenskosten für die EU, die USA bzw. die Länder der OECD knapp über einem Prozent des Bruttosozialprodukts. Für die Ex-UdSSR belaufen sie sich auf 0.7 Prozent und für China sind es 4.7 Prozent. Eine weitere regionale Aufschlüsselung der Schadenskosten zeigt, dass die Entwicklungsländer von einer Einbusse von mindestens 2 Prozent des Bruttosozialprodukts betroffen sind.
Die Schätzungen von FANKHAUSER liegen über jenen von NORDHAUS (1991b), der seine Werte für die USA auf die ganze Welt hochgerechnet hat. Mit CLINE (1992a) stimmen sie in der Grössenordnung überein.
AYRES & WALTER (1991), TOL (1993) sowie vor allem HOHMEYER & GÄRTNER (1992) weisen noch weit höhere Werte aus.

Tabelle 1.4: **Schadensschätzungen mit hohen Werten**

	Summe Milliarden Dollar	Anteil am Bruttosozialprodukt
AYRES & WALTER (1991)	295 - 510	1.4 - 2.5%
TOL (1993, 1995)	319 - 530	1.6 - 2.6%
HOHMEYER & GÄRTNER (1992)	4'000	20%

Quelle: Eigene Zusammenstellung, AYRES & WALTER (1991), TOL (1993, 1995), HOHMEYER & GÄRTNER (1992)

Damit zeigt sich eine recht grosse Spannbreite der Schadenskostenschätzungen von zirka 1 bis 20 Prozent des Bruttosozialprodukts. Eine Diskussion der einzelnen Schadenskategorien soll auf die wichtigsten Differenzen hinweisen.

1.2 Diskussion einzelner Schadenskategorien

Die Diskussion geht von FANKHAUSER (1995) aus: Im Prinzip werden die Werte gemäss Tabelle 1.2 behandelt. Gleichzeitig werden weitere Studien beigezogen, um die Ausführungen zu differenzieren und auf die unterschiedlichen Ergebnisse hinzuweisen.

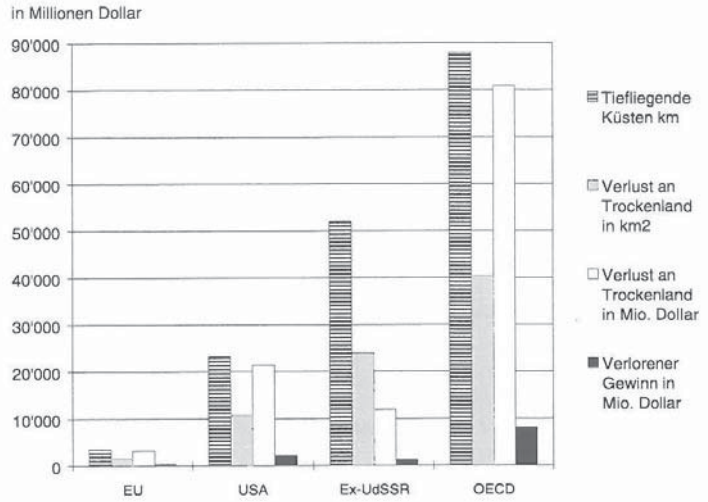
1.2.1 Küstenschutzmassnahmen

Aufgrund der Klimaänderung wird mit einem Meeresspiegelanstieg von 50 cm bis zum Zeitraum von 2050 bis 2100 gerechnet. Dabei wird angenommen, dass für die wertvollen Meeranliegergebiete (Häfen, dicht besiedelte Gebiete) Schutzmassnahmen getroffen werden. Nur wenig besiedelte Gebiete werden nicht geschützt: Sie werden überflutet bzw. aufgegeben.
Die Kostenschätzungen eines Meeresspiegelanstiegs enthalten somit einerseits Schutzmassnahmen und andererseits Land- und Kapitalverluste überfluteter Gebiete (siehe Kapitel 1.2.2).
Die weltweiten Schutzkosten werden von FANKHAUSER (1995) auf 915 Milliarden Dollar pro Jahr geschätzt. Dieser Wert enthält die auf das Jahr 1988 abdiskontierten Investitionskosten sowie die jährlichen Unterhaltskosten.
Die Kosten für die Schutzmassnahmen sind recht gut gesicherte Werte. In den Studien von NORDHAUS, CLINE, TITUS und TOL liegen sie in einer ähnlichen Grössenordnung.
Bei der Berechnung der Schutzmassnahmen sind weitere negative Effekte wie verbauter oder verhinderter Meereszugang, Störung der Meeresbiologie, ästhetische Beeinträchtigungen der Küsten u.a. nicht eingeschlossen. Diese nicht marktmässigen Auswirkungen sind wohl schwierig einzuschätzen. Das darf aber nicht heissen, dass sie vernachlässigt werden dürfen (TOL 1995 u.a.).
Schutzmassnahmen verlangen zudem, dass die notwendigen Kapitalien frühzeitig zur Verfügung stehen müssen, was zusätzliche Mittel der öffentlichen Hand erfordert. Die wirtschaftliche Situation einer Küstenregion oder eines Landes wird damit zu einer wichtigen Voraussetzung für die Realisierung von Vermeidungsmassnahmen.

1.2.2 Landverlust aufgrund des Meeresspiegelanstiegs

FANKHAUSER gibt einen weltweiten Landverlust von rund 140'000 km2 an (vgl. dazu Abb. 1.3 und Tabelle 1.5 im Anhang A-1).

Abb. 1.3: **Kosten des Landverlustes weltweit**



Quelle: FANKHAUSER (1995, S. 30)

Mehr als die Hälfte des Landverlusts fällt in Entwicklungsländern an.
Abgestützt auf die Studien von RIJSBERMAN (1991) und DELFT HYDRAULICS (IPCC 1995a), wird pro überschwemmtem Küstenkilometer ein Landverlust von 0.46 km2 angenommen.
Für die Schätzung der Schadenskosten sind die Annahmen über den Landwert bzw. den jährlichen Ertrag entscheidend: RIJSBERMAN (1991) nimmt Werte von 1 bis 2 Millionen Dollar pro km2 an. TITUS et al. (1991) gehen von 2 Millionen Dollar pro km2 aus. FANKHAUSER (1995) bezeichnet diese Schätzung für das Gebiet der Ex-UdSSR als hoch, da es sich praktisch um unbewohntes Land handle. Er nimmt nur 0.5 Millionen Dollar pro km2 für die Ex-UdSSR an. Weltweit geht er von einer Million Dollar pro km2 aus, einem Betrag, den er als Mittelwert des Preises für hochindustrialisierte Länder und Entwicklungsländer betrachtet. Für die Ertragsrate setzen FANKHAUSER (1995) wie CLINE (1992a) 10 Prozent pro Jahr ein.
Diese Schätzungen gehen von einer Annahme eines Meeresspiegelanstiegs von 50 Zentimeter aus. Die Verluste werden für das nächste Jahrhundert geschätzt. Höhere Schätzungen ergeben sich, wenn über das Jahr 2050 hinausgegangen wird und eine Erhöhung des Meeresspiegels um 1 Meter angenommen wird. Damit weist TITUS (1992) doppelt so hohe Kosten für den Küstenschutz aus wie FANKHAUSER.

1.2.3 Verlust von Feuchtgebieten

Die Berechnungen der Feuchtgebiete stützen sich auf eine Studie von RIJSBERMAN für die OECD ab (RIJSBERMAN 1991). Weltweit wird ein Verlust von rund 250'000 km2 angenommen, für die OECD-Länder 34'000 km2. Der grösste Teil entfällt somit auf die Entwicklungsländer.
Die Feuchtgebiete weisen mannigfaltige Werte auf:

- Als leicht messbare Markteffekte sind kommerzielle Fischerei und Erholungsaktivitäten (z.B. Sportfischen und Jagen) zu beachten.
- Als indirekte Effekte sind Schutz vor Überflutung und Lebensgrundlage für Fische und Vögel zu bezeichnen.

FANKHAUSER (1995) nimmt für die Feuchtgebiete einen Wert von 5 Millionen Dollar pro km2 für die OECD-Länder an. Für die Ex-UdSSR setzt er 1.25 Millionen Dollar pro km2 und für China 0.5 Millionen Dollar pro km2 ein. Für den Rest der Welt wird mit 1.25 Millionen Dollar pro km2 gerechnet. Für die Schätzung des jährlichen Ertrages wird wiederum mit einem Zinssatz von 10 Prozent gerechnet.
Die Studie von RIJSBERMAN (1991) geht von einem Wert von 3 bis 13 Millionen Dollar pro km2 aus, gerechnet wird mit einem Wert von 8 Millionen. CLINE (1992a) bewertet die Feuchtgebiete mit 2.5 Millionen Dollar pro km2. Ausser bei CLINE (1992a) wird die potentielle Gefährdung der Trinkwasserversorgung durch Salzintrusion nicht berücksichtigt.
MAYERHOFER (1995) hält fest, dass die Bewertung der Landverluste über entgangene Pachterträge wohl für kleinere Flächen gerechtfertigt sei. Bei grösseren, existentiell entscheidenden Verlusten (z.B. Bangladesch, Nildelta in Ägypten), würden die tatsächlichen Schäden aber unterschätzt: Die Lebensgrundlagen für ganze Generationen werden entzogen. Die Bengali oder Ägypter könnten nicht einfach ins Landesinnere "zügeln". Mit der Gefährdung von bestimmten Küstengebieten stehe weit mehr auf dem Spiel.
Der Verlust grosser Korallenriffe und Mangrovenwälder gefährdet weitere, wiederum schwer quantifizierbare Werte, die in den gängigen Schadensschätzungen nicht oder höchstens am Rand Eingang finden.

1.2.4 Artenverlust (Flora), Verlust von Ökosystemen

Verschiedene Studien gehen davon aus, dass sich Arten und Ökosysteme einer Klimaänderung nicht genügend rasch anpassen können. Es wird eine Verlagerung der Klimazonen Richtung Polkappen um 200 km angenommen. Die Wanderungsgeschwindigkeit von Wäldern betrage aber nur 20 km innert 100 Jahren. Der Verlust von Arten und Ökosystemen wird zusätzlich von weiteren Faktoren wie Luftverschmutzung, Bodenversiegelung, Verkehrsaufkommen verursacht. Die Wanderung der Arten und der Ökosysteme kann durch menschliche Einflussnahme teilweise wettgemacht werden.
Ökonomen unterscheiden für die Bewertung von Arten und Ökosystemen drei Typen:

1. Direkter Nutzen von Pflanzen (beispielsweise durch medizinische Nutzung oder als Schutzwald) oder Marktwert.
2. Optionswert: Damit wird ein zukünftig möglicher Nutzen von Pflanzen angesprochen.
3. Existenzwert: Dieser entspricht der Wertschätzung, wie sie etwa einem Kunstwerk entgegengebracht wird.

Dabei stellt die konkrete Bewertung des Artenverlustes erhebliche Probleme: Mit der Methode der Zahlungsbereitschaft werden am ehesten adäquate Resultate ermittelt, indem alle drei Komponenten (direkter Nutzen, Options- und Existenzwert) integral befragt und damit bewertet werden.
FANKHAUSER (1995) nimmt mit 30 Dollar pro Person an, dass damit ein vernünftiger Durchschnittswert für den Artenverlust vorliegen würde. Dabei stützt er seine Angaben auf PEARCE (1993) ab, der eine Spannweite für die Zahlungsbereitschaft von 9 bis 107 Dollar pro Jahr und Person angibt, damit eine Lebensgemeinschaft geschützt sei.
Für die Länder mit einem mittleren Einkommen (u.a. Ex-UdSSR) werden 8 Dollar pro Person und Jahr und für die Entwicklungsländer 2 Dollar pro Person und Jahr eingesetzt.
FANKHAUSER (1995) stützt seine Rechnungen zusätzlich auf CLINE (1992a) ab, der zum Schutze einer Eulenart (spotted owl) eine Zahlungsbereitschaft von 4 Milliarden Dollar pro Jahr registriert, aber auch einen Wert von 40 Milliarden Dollar als plausibel erachtet.
PEARCE (1993) schätzt den Nutzwert von Pflanzen für die Medizin: Für die USA werden Werte von 1 Million bis 18 Millionen Dollar pro Pflanze ausgewiesen.
Insgesamt sind die Schätzungen für die Erhaltung der Artenvielfalt als vage zu bezeichnen. Es ist zu bezweifeln, ob mit der Methode der Zahlungsbereitschaft ein adäquates Mittel vorliegt (vgl. dazu MAYERHOFER 1995). Insbesondere wird den Existenzwerten nur wenig Rechnung getragen (TOL 1995). Wenn die Werte zerstört werden, gehen sie unwiederbringlich verloren. Eine umfassende Bewertung von Ökosystemen ist bisher nicht vorgenommen worden.

1.2.5 Landwirtschaft

Die Landwirtschaft und ihre Auswirkungen auf Klimaänderungen sind breit untersucht worden. Grundsätzlich werden folgende Effekte festgestellt:

- Wanderung der landwirtschaftlichen Gunstlagen in Richtung der Pole
- vermehrte Niederschläge
- positiver Düngungseffekt durch das CO2
- erhöhte Trockenheit in südlichen Lagen

Für die Bewertung der landwirtschaftlichen Auswirkungen kommt hinzu, dass bei zu erwartenden Ertragsänderungen gleichzeitig Preisreaktionen eintreten: Müssen die Konsumenten für landwirtschaftliche Produkte mehr bezahlen, fällt ihre Konsumentenrente weg. Hingegen stehen den Produzenten – bei weltweit geringeren Agrarer-

trägen – höhere Preise in Aussicht. Sie können – neben den Mehrerträgen – zusätzlich mit einer positiven Produzentenrente rechnen.
Weiter sind mögliche Anpassungsmassnahmen der Landwirtschaft zu berücksichtigen: Verschiebung der Anbau- bzw. Erntezeiten, neue Pflanzenarten, neue Bewirtschaftungsmethoden. Diese Anpassungsmassnahmen können mögliche negative Auswirkungen zumindest reduzieren.
FANKHAUSER (1995) stützt seine Bewertung eines jährlichen Wohlfahrtsverlusts von 40 Milliarden Dollar auf die Studien von KANE et al. (1992) ab. Dabei werden regional erhebliche Differenzen festgestellt: Für die Ex-UdSSR, USA und China können eventuell sogar positive Ergebnisse resultieren. Dies wird ebenfalls in einer EU-Studie für die nordischen Länder festgehalten, während die südlichen Länder von relativ massiven Verlusten betroffen sein können (Commission of European Communities 1992).

Von FANKHAUSER (1995) wird selbstkritisch bemängelt, dass die von ihm verwendeten Grundlagen (KANE et al. 1992) zwar die Konsumenten- und Produzentenrenten einbeziehen, jedoch CO2-Düngungseffekte sowie Anpassungsmassnahmen nicht mitberücksichtigen.
Die Studie "Climate Change and World Food Supply" behebt diese Mängel und gelangt zu noch deutlicheren Resultaten: Die industrialisierten Länder in der nördlichen und südlichen Hemisphäre gehören zu den landwirtschaftlichen Gewinnern der Klimaänderungen. Es werden prozentuale Änderungen des Bruttosozialprodukts der Landwirtschaft von 5 und mehr Prozent ausgewiesen (FISHER & HANEMANN, 1993). In den Entwicklungsländern können hingegen gravierende Hungersnöte entstehen. Es wird für wahrscheinlich gehalten, dass zwischen 63 und 369 Millionen Menschen einem zusätzlichen Hungerrisiko ausgesetzt sind (+10 bis +58 Prozent). Allerdings kann auch in den Entwicklungsländern mit geeigneten Adaptionsmassnahmen eine völlige oder zumindest erhebliche Reduktion des Hungerrisikos erreicht werden (-2 bis +19 Prozent).
Bei den Bewertungen der Landwirtschaftseffekte stellt der Einbezug der Konsumenten- und Produzentenrente ein strittiges Thema dar. In jedem Fall ist zu erwarten, dass die Produzenten vermutlich von globalen Erwärmungen profitieren, die Konsumenten hingegen Nachteile erleiden werden, da die Preise für Agrarprodukte deutlich steigen werden. Es kommt also auch zu einer Verschiebung, die von vielen nicht neutral gewertet wird (MAYERHOFER 1995).

1.2.6 Waldwirtschaft

Klimaänderungen werden eine Nord- bzw. Südwanderung und eine Neuzusammensetzung der Waldbestände auslösen. Gleichzeitig ist die Art der Bewirtschaftung zu beachten.
Den Verlust von jährlich 2 Milliarden Franken führt FANKHAUSER (1995) auf vermindertes Holzwachstum zurück. Für tropische Wälder wird von 9 Prozent, für gemässigte Zonen ein Rückgang von 16 Prozent angenommen. Abgestützt auf TITUS (1992) wird der Wert der Wälder unterschiedlich eingeschätzt: Entwicklungsländer zirka 200 Dollar pro km2, Länder mit mittleren Einkommen 400 Dollar pro km2. TITUS (1992) gelangt für die USA allein zu Waldschadenskosten von

jährlich 44 Milliarden Dollar. Im Gegensatz zu FANKHAUSER sowie CLINE (1992a) berücksichtigt TITUS (1992) auch den Erholungswert und weitere Werte des Waldes mit 112 bis 375 Dollar pro km2. TITUS (1992) gelangt zum Schluss, dass die Waldschäden die wichtigste Schadenskategorie darstellen.
NORDHAUS (1991a) schätzt die Schadenskosten hingegen gering ein. So zeigt sich, dass bei den Schadenskostenberechnungen für den Wald eine ausgesprochen breite Spannweite besteht.

1.2.7 Fischerei

Durch den Verlust küstennaher Feuchtgebiete können die Fischbestände reduziert werden, indem ihre Lebensräume und Brutgebiete bedroht werden. Gleichzeitig kann die Veränderung der Nahrungsmittelketten in den Meeren weitreichende Folgen nach sich ziehen.
In einer Schätzung von BIGFORD (1991) wird insgesamt eine Reduktion der Fischerträge von -8 Prozent angenommen. FANKHAUSER (1995) geht davon aus, dass diese Verluste bereits mit den Wertminderungen durch den Verlust der Feuchtgebiete berücksichtigt sind.

1.2.8 Energie (Raumkühlung und Heizung)

Eine Klimaerwärmung lässt höhere Kühlkosten (air-condition) aber auch reduzierte Heizkosten erwarten. Weitere Auswirkungen auf das Energieangebot werden für wahrscheinlich gehalten: Reduziertes Angebot an Brennholz sowie allenfalls geringeres Wasserkraftangebot.
Zurzeit liegen aber nur Zahlen für die Auswirkungen auf die Energienachfrage vor. FANKHAUSER schätzt den zusätzlichen Elektrizitätsverbrauch auf 23 Milliarden Dollar. Dabei stützt er sich auf US-EPA (1989) sowie CLINE (1992a) ab. Es wird mit einer zusätzlichen Elektrizitätsnachfrage von weltweit +3.2 Prozent gerechnet. Für die Ex-UdSSR wird eine Abnahme von einem Prozent angenommen.
Die Berechnungen gehen von konstanten Elektrizitätspreisen aus. Preissteigerungen durch erhöhte Nachfrage werden nicht berücksichtigt. Zudem wird der Minderverbrauch von fossilen Energieträgern nicht beachtet. Die Schadenskosten für Energie werden damit zu hoch geschätzt. Zudem stellen die Berechnungen eine reine Status-quo-Analyse dar, z.B. an kostengünstigere Raumklimasysteme wird nicht gedacht.
Die EU-Studie (1992) gelangt zum Schluss, dass in nordeuropäischen Ländern erhebliche Energieeinsparungen erzielt werden können. Erhöhte Kosten ergeben sich für die südeuropäischen Länder. Insgesamt werden für die EU Mehrkosten von 32 Milliarden ECU ausgewiesen.

1.2.9 Wasser

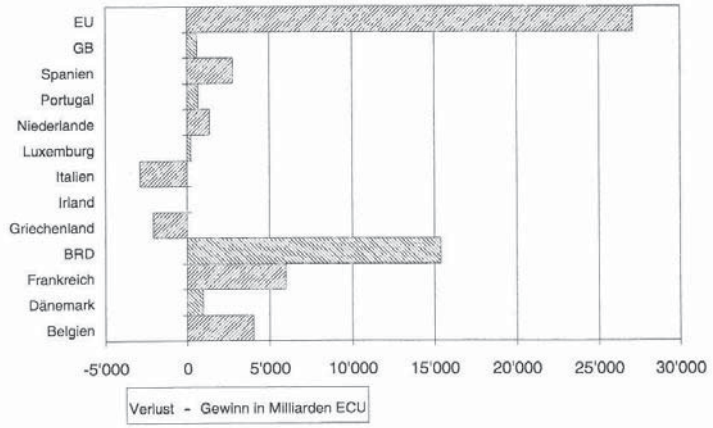
Klimaänderungen sollen zu einer Verknappung des Wasserangebots führen. CLINE (1992a) nimmt – ausgehend von Studien in den USA – eine Reduktion von 10 Prozent an. Den Wasserpreis setzt er mit 8 cents pro Kubikmeter ein. Daraus resultieren

Wohlfahrtsverluste (inklusive reduzierte Konsumenten- und Produzentenrenten) von 7 Milliarden Franken pro Jahr allein für die USA.
FANKHAUSER (1995) geht von einer Reduktion des Wasserangebots um -7 Prozent aus. Für die Wasserpreise nimmt er regional differenzierte Werte an (OECD-Länder 56 cents pro m3, EU 90 cents pro m3, US 42 cents pro m3). Weltweit ergibt sich daraus ein Wohlfahrtsverlust von 46.7 Milliarden Dollar.
TITUS (1992) berechnet in seinen Schätzungen ebenfalls den erhöhten Wasserbedarf für die Bewässerung landwirtschaftlicher Flächen. Dabei gelangt er bei einem halb so hohen Wasserpreis wie FANKHAUSER (20 cents pro m3 statt 43 cents pro m3) zu ähnlich hohen Schadenskosten von 11.4 Milliarden Franken.
In einigen Gebieten dürfte die Wasserversorgung massiv gefährdet sein, was für Bevölkerung, Landwirtschaft, aber auch für Ökosysteme erhebliche Probleme zur Folge hätte. Zunehmende Trockenheiten sowie allfällige Wüstenneubildungen stellen existentielle Gefahren dar. Die Wahrscheinlichkeit von regionalen kriegerischen Auseinandersetzungen dürfte bedingt durch knappe Wasserreserven erheblich ansteigen (GLEICK 1992, HOMER-DIXON et al. 1993).
Bei einer Reduktion des Wasserangebots und einer zusätzlichen Nachfrage ist es unzulässig, mit den heutigen Wasserpreisen zu rechnen. Die Angebots- bzw. Nachfrageverschiebungen werden zu bedeutenden Preiserhöhungen führen, die zumindest regional hohe Wohlfahrtsverluste erwarten lassen.

1.2.10 Andere Wirtschaftssektoren (Bauwirtschaft, Transportwesen, Tourismus)

Für die Sektoren Bauwirtschaft, Transportwesen und Tourismus setzt FANKHAUSER (1995) keine Schadenskosten ein. Er geht davon aus, dass sich potentielle Verluste auf der einen durch positive Effekte auf der anderen Seite kompensieren könnten.
Beim Tourismus und bei Freizeit-Aktivitäten wird davon ausgegangen (IPCC 1995a), dass der Sommertourismus tendenziell zunehmen und der Skitourismus im Winter Beeinträchtigungen erleiden wird.
So werden für die Skigebiete von Quebec Einbussen von 40 bis 70 Prozent erwartet (CANADIAN CLIMATE PROGRAM BOARD 1988a). Für Ontario wird mit einer Ertragseinbusse von insgesamt 50 Millionen Dollar gerechnet. Dabei wird von einer verkürzten Skisaison, aber einer Verlängerung der Sommersaison um 40 Tage ausgegangen, (CANADIAN CLIMATE PROGRAM BOARD 1988b, NORDHAUS 1991c).
CLINE (1992a) schätzt die Einbussen bei den Freizeitaktivitäten auf 1.7 Milliarden Dollar pro Jahr, wobei der grösste Teil auf die Reduktion der Skisaison entfällt. Mögliche Gewinne in der Sommersaison werden von CLINE nicht berücksichtigt.
Eine EU-Studie (1992) errechnet für eine Klimaerwärmung von +1 Grad Celsius einen totalen Gewinn von 4.6 Milliarden ECU pro Jahr. Bei einer Erwärmung von +4 Grad Celsius werden sogar 27 Milliarden ECU Gewinn angenommen, wobei südliche Länder wie Griechenland und Italien mit Verlusten zu rechnen haben. Für Belgien, Frankreich, Deutschland, die Niederlande und Spanien werden Gewinne ausgewiesen (vergleiche Abb. 1.4 und Tabelle 1.6, Anhang A-1).

Abb. 1.4: **Kosten/Nutzen im Tourismus in Europa**
bei einer Erwärmung von 4°Grad Celsius in Milliarden ECU



Quelle: EU (1992)

FANKHAUSER (1995) setzt für erhöhtes bzw. reduziertes Wohlbefinden aufgrund von Klimaänderungen keinen Wert ein. Er hält fest, dass bei den vorliegenden Daten keine Bewertung möglich sei. In den Nord-Regionen seien Gewinne möglich, in südlichen Regionen könnten Einbussen des Wohlbefindens erwartet werden.
CLINE (1992a) nimmt eine Zahlungsbereitschaft von 0.25 Prozent des Einkommens an, um den Beeinträchtigungen des Wohlbefindens, insbesondere durch die Vermeidung heisser Tage, zu entgehen. Seine Schätzung beträgt 10 Milliarden Dollar pro Jahr, die allerdings in seiner zentralen Schätzung keinen Eingang findet.

1.2.11 Krankheitsanfälligkeit und erhöhte Sterblichkeit

Krankheitsanfälligkeit durch Klimaerwärmungen wird sehr kontrovers diskutiert: Tendenziell wird eine geringere Anfälligkeit für Winterkrankheiten, aber eine höhere Anfälligkeit für Krankheiten in heissen Zonen (Atembeschwerden, Asthma, Malaria und Gelbfieber) erwartet. Eine erhöhte Gefährdung wird somit vor allem für Entwicklungsländer gesehen (HAINES & PARRY 1993, WHO 1990). Die Asian Development Bank erachtet für Indonesien eine Zunahme der Malaria um 20 Prozent als möglich.
In allen Schadenskostenschätzungen wird nicht der Wert des Lebens beurteilt, sondern vom statistischen Wert gesprochen.
HOHMEYER & GÄRTNER (1992) erachten eine Ausbreitung der Malaria um 400 km nach Norden und Süden als möglich. Die USA, Australien und die Mittelmeerge-

biete Südeuropas würden neu von Malaria betroffen. Daraus würden bei 50'000 Toten zusätzlich 500 Milliarden Dollar Schadenskosten entstehen. Diese Ergebnisse werden allerdings für die USA als nicht überzeugend bezeichnet (US-EPA 1989).
KALKSTEIN (1989) liefert Basiszahlen für die Einschätzung zusätzlicher Todesfälle: Für den Sommer wird eine Anzahl Hitzetoter angenommen, welche jene der Kältetoten im Winter übersteigt. FANKHAUSER (1995) geht von insgesamt 137'000 zusätzlichen Toten aus. Für die Bewertung der Toten stützt er sich auf regional differenzierte Zahlungsbereitschaften zur Verhinderung eines Todesfalls – und nicht zur Erhaltung eines Lebens – ab: Für entwickelte Länder nimmt er pro statistischem Leben 1.5 Millionen Dollar, für unterentwickelte Länder 700'000 Dollar an.
TOL (1993) schätzt die Todesfälle doppelt so hoch wie FANKHAUSER (1995). Bei einem tieferen statistischen Wert pro Leben von 250'000 Dollar gelangt er zu Schadenskosten von 188 Milliarden Dollar.
HOHMEYER & GÄRTNER (1992) kommen mit 900 Millionen Toten und einem Durchschnittswert von einer Million Dollar pro Totem auf die exorbitant hohe Zahl von 900 Billionen Dollar, was das Welt-Bruttosozialprodukt eines Jahres leicht übersteigt. Diese Schätzung HOHMEYERS und GÄRTNERS (1992) geht von sehr vielen Hungertoten aus (1.8 bis 900 Millionen). Mit zusätzlichen Opfern wird durch heftige Stürme (1.3 Millionen), Hitzestress (1.3 Millionen) und tropischen Krankheiten (540'000) gerechnet. Die hohe Zahl der Hungertoten stützt sich auf eine Studie über Bevölkerungswachstum und Hunger ab (DAILY et al. 1991). Die Angaben HOHMEYERS und GÄRTNERS werden generell als viel zu hoch beurteilt. Es wird bemängelt, dass die Katastrophenszenarien ausschliesslich auf Klimaerwärmungen zurückgeführt würden (u.a. BRUCE et al. 1995).

1.2.12 Luftverschmutzung und Klimaerwärmung

Klimaerwärmungen wirken sich auf die chemischen Reaktionen von Schadstoffen aus. FANKHAUSER (1995) schätzt die Zunahme von NOX auf 5.5 Prozent und die Schwefeldioxyd-Zunahme SO2 auf 2.2 Prozent. Mit regional differenzierten Schadenskosten erhält er damit einen Indikator für zusätzliche Ozonbelastungen (O3), die er weltweit auf 15 Milliarden Dollar schätzt.
CLINE gibt einen Wert von 3.5 Milliarden Dollar an. Bei TITUS (1992) sind es alleine für die USA 27.2 Milliarden Dollar.

1.2.13 Wanderungen

FANKHAUSER (1995) stützt seine Schätzungen der Migrationskosten auf CLINE ab, der von einer Zunahme der Wanderungen in die USA von 17 Prozent (100'000 Personen pro Jahr) ausgeht. Damit erhält FANKHAUSER (1995) insgesamt 2.7 Millionen Klimaflüchtlinge.
Für die monetäre Bewertung wird angenommen, dass die Einwanderer in den ersten eineinhalb Jahren keine Steuern bezahlen. Diese Opportunitätskosten werden auf 4500 Dollar pro Flüchtling geschätzt. Für Nicht-OECD-Länder werden 1000 Dollar pro Flüchtling angenommen. Dieser Wert entspricht ebenfalls den Schätzungen von

AYRES & WALTER (1991), welche allerdings von den Produktionsverlusten im Ursprungsland der Flüchtlinge ausgehen.
Die Schätzungen von AYRES & WALTER (1991), CLINE (1992), HOHMEYER & GÄRTNER (1992) und FANKHAUSER (1995) berücksichtigen keine Folgekosten in den Einwanderungsländern. So werden soziale und psychologische Auswirkungen in Aus- wie Einwanderungsländern sowie bei Direktbetroffenen vernachlässigt (z.B. Verlust der Heimat). Die Wanderungen werden in die Nähe des "Zügelns" von einer Region in eine andere gerückt.

1.2.14 Naturkatastrophen durch Klimaerwärmungen

Das IPCC (1995a) nimmt an, dass mit geringer Wahrscheinlichkeit eine Zunahme lokaler Sturmgewitter mit verstärkten Regenfällen eintreten könnte. Vor allem wird auf zusätzliche tropische Stürme (Hurrican, Typhoon) hingewiesen. Allenfalls nehmen die Stürme im Winter ab. In Asien ist eine Zunahme der Monsunregen im Sommer möglich. Tropenstürme stehen für Schadenskostenschätzungen im Vordergrund. Abgestützt auf SMITH (1995) sowie BRYANT (1991), nimmt FANKHAUSER (1995) an, dass die tropischen Stürme zusätzlich 630 Millionen Franken Schadenskosten nach sich ziehen würden, wobei bei heute 70 bis 80 Tropenstürmen mit Schadenskosten von 1.5 Milliarden Franken gerechnet wird. Weiter wird damit gerechnet, dass zu den heute 15'000 bis 23'000 Menschen, die durch Stürme getötet werden, 8'000 Tote dazukommen. Mit regional differenzierten statistischen Lebenskosten gelangt FANKHAUSER zu 2 Milliarden Dollar Verlust an Lebenskosten. Insgesamt werden durch Tropenstürme Schadenskosten von 2.7 Milliarden Franken ausgewiesen.
FANKHAUSER hält fest, dass damit die sozialen Folgen von Tropenstürmen nicht beachtet werden. Gemäss Studien von HAINES und FUCHS (1991) werden bei 80 Prozent der Überlebenden traumatische Neurosen festgestellt.
Die Berechnungen von FANKHAUSER stellen Durchschnittswerte dar. In der Vergangenheit haben sich mehrfach Tropenstürme mit einer weit höheren Anzahl von Toten eingestellt. So sind in Bangladesh 1970 500'000 Menschen in einem Tropensturm umgekommen. 1985 waren es rund 100'000 Menschen (BRYANT 1991). Würden für einen Bengalesen die gleichen statistischen Lebenskosten von 1.3 Millionen Franken wie in den OECD-Ländern eingesetzt, würde der Verlust an Leben 500 Milliarden Dollar betragen.
Angaben zu Flussüberschwemmungen sind bisher kaum verfügbar. Es wird angenommen, dass eine Zunahme der Frequenz und der Intensität von Flussüberschwemmungen eintreten wird (ARNELL & DUBOURG 1994).
Die Sturmschäden in gemässigten Zonen haben in den letzten Jahren zugenommen. In den Dekaden 1960, 1970 und 1980 sind Durchschnittswerte von 2 Milliarden, 2.9 Milliarden und 3.4 Milliarden festzustellen (DLUGOLECKI et al.).
Für die Stürme in Europa im Jahr 1990 (Dalia, Herta, Vivian und Vibek) sind 25.3 Milliarden DM (MÜNCHNER RÜCKVERSICHERUNG, 1993) ausgewiesen worden. Bisher ist ungeklärt, inwiefern diese zusätzlichen Sturmschäden auf Klimaänderungen zurückzuführen sind. Es wird vermutet, dass die Schäden primär in der wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Entwicklung begründet sind: Zusätzliche Bodenversiegelung, Siedlungswachstum, Bodenverdichtung usw. (CHANGENON 1992).

1.3 Beurteilung der Schadenskostenschätzungen

a) Relativ geringe Schadenskosten für industrialisierte Länder

Die Schadenskostenschätzungen ergeben für den Benchmark-Fall zwischen einem bis zwei Prozent des Bruttosozialprodukts. NORDHAUS (1991a), CLINE (1992), FANKHAUSER (1995) und TITUS (1993) liegen mit ihren Schätzungen bei unter einem Prozent. AYRES & WALTER (1991) und TOL geben rund zwei Prozent des globalen Bruttosozialprodukts an.
HOHMEYER & GÄRTNER (1992) schätzen die Schadenskosten auf 20 Prozent des Bruttosozialprodukts. Dies vor allem deshalb, weil sie mit über 900 Millionen Toten rechnen. Die Schätzungen von HOHMEYER & GÄRTNER werden aber in der ökonomischen Klimadiskussion kaum gestützt.
Die Schadenskosten für industrialisierte Länder sind mit einem bis 1.5 Prozent des Bruttosozialprodukts als relativ gering zu bezeichnen.
Für China und die unterentwickelten Länder liegen weit höhere Schadenskosten vor (2 und mehr Prozent des Bruttosozialprodukts).

b) Schätzungen mit hohen Ungewissheiten

Die Schätzungen sind mit hohen Ungewissheiten verbunden: Vor allem für Entwicklungsländer, die ohnehin einen hohen Betroffenheitsgrad aufweisen, liegen nur sehr rudimentäre Daten vor.
Künftige Studien werden einen Teil der Unsicherheiten wohl beheben können, ein Teil aber wird – insbesondere was die Berechnung ökonomischer Auswirkungen betrifft – auf absehbare Zeit kaum gelöst werden. So erhalten Arbeiten einen hohen Stellenwert, die unter Beachtung von Unsicherheiten Entscheidungshilfen liefern.

c) Konzentration auf die direkten Effekte und die Markteffekte

Die Kostenschätzungen konzentrieren sich in der Regel auf die Erfassung der direkt messbaren Effekte, die sich vor allem im Marktgeschehen widerspiegeln. Wohl werden teilweise – vor allem mit der Methode der Zahlungsbereitschaft – qualitative Elemente erfasst (z.B. Artenvielfalt mit Options- und Existenzwerten). Die Vermutung liegt aber nahe, dass damit eine grobe Unterschätzung des effektiven Verlusts vorliegt, weil sich viele befragte Personen die effektiven Verluste kaum vorstellen können. Deshalb ergeben ihre Antworten zu tiefe Werte.
Es bestehen kaum Ansätze, qualitative Aspekte überzeugend zu bewerten bzw. zu quantifizieren.

d) Konzentration auf Benchmark-Fall:
Hohe Sensitivität bei veränderten Annahmen

Die Berechnungen gehen vom folgenden Benchmark aus:

- Verdoppelung der CO2-Konzentration bis 2050 (von 280 auf 560 ppvm)
- keine längerfristige Betrachtung bis 2100 und länger
- Erwärmung um 2.5° C bis 2050

- Abdiskontierung auf das Jahr 1990 mit einem Diskontsatz von in der Regel 3 bis 5 Prozent
- keine negativen Rückkoppelungen auf die wirtschaftliche Entwicklung

An dieser Stelle kann festgehalten werden, dass die Variation jedes Faktors einen enormen Einfluss auf die Schadenskosten ausübt: Statt 1 bis 2 Prozent werden im schlechtesten Fall mehrere Prozente des Bruttosozialprodukts pro Jahr beansprucht. Die Folgen des Treibhauseffektes sind in diesem Fall dramatisch, ja katastrophal. Damit zeigen sich klare Grenzen der Schadenskostenberechnungen mit Benchmark-Annahmen.

2. Vermeidungskosten und Zahlungsbereitschaft für die Reduktion der Treibhausgase

2.1 Übersicht

Welche Kosten müssen in der Schweiz für die Vermeidung von einer Tonne CO2 bezahlt werden?
Wie gross ist die Zahlungsbereitschaft der Schweizer Bevölkerung für die teilweise oder vollständige Verhinderung der Folgen einer Klimaerwärmung?

Diese Fragen wurden in den letzten Jahren in verschiedenen Studien untersucht. Eine Übersicht vermittelt Tabelle 2.1: Vermeidungskosten und Zahlungsbereitschaft in der Schweiz.

Dabei beziehen sich die meisten Studien auf die Vermeidungskosten beim Verkehr (INFRAS, 1992; INFRAS/BEW, 1992; INFRAS/IWW, 1994, Literaturangabe vgl. Tabelle 2.1). Für die Reduktion einer Tonne CO2 wird eine Bandbreite von 50 Franken bis maximal 270 Franken geschätzt. Die Differenzen erklären sich primär durch die unterschiedlichen Reduktionsziele. Tendenziell zeigt sich, dass bei ehrgeizigeren CO2-Verminderungen höhere Kosten ausgewiesen werden.

Die Vermeidungkosten für die Bereiche Gebäude, Dienstleistungen, Industrie werden nur in einer Studie geschätzt (INFRAS/ECONCEPT/PROGNOS, 1996). Bei einer Halbierung der CO2-Emissionen im Zeitraum von 1990 bis 2050 wird mit Kosten um 100 bis 130 Franken pro Tonne CO2 gerechnet.

In einer weiteren Studie (PSI, 1993) werden die Reduktionskosten für weitere Treibhausgase (CFC, CH4, N2O usw.) untersucht. Pro Tonne CO2-Äquivalent werden Kosten zwischen 13 und 100 Franken pro reduzierte Tonne errechnet. Die Reduktionsziele liegen dabei zwischen -20 bis -67 Prozent. In dieser Studie werden für eine Verminderung des CO2-Ausstosses teilweise erheblich höhere Kosten ausgewiesen.

Äusserst tiefe Werte liegen für die Schätzung der Zahlungsbereitschaft vor, die im Jahre 1993 durchgeführt wurde (INFRAS/IPSO/BEW, 1993): Es werden Werte von 9.30 bis 16.- Franken pro CO2-Äquivalent angegeben (dies entspricht 0.2 bis 0.4 Prozent des Bruttosozialprodukts). Dies lässt sich einerseits mit einem geringen Informationsstand der Bevölkerung über die möglichen Schadensfolgen einer Klima-

erwärmung erklären. Anderseits ist nicht zu unterschätzen, dass ein doch erheblicher Einkommensverlust akzeptiert wird. Dieser Umstand könnte bei der Realisierung eines weitgehenden Klimaszenarios hilfreich sein: Mögliche wirtschaftliche Einbussen bei massiven CO2-Reduktionen (> 30 Prozent) werden mit der ausgewiesenen Zahlungsbereitschaft zumindest aufgewogen (vergleiche dazu Kapitel 6).

Abb. 2.1: **Vermeidungskosten und Zahlungsbereitschaft einer CO2-Reduktion für die Schweiz**
Zeithorizont: 1985/1990 bis 2025

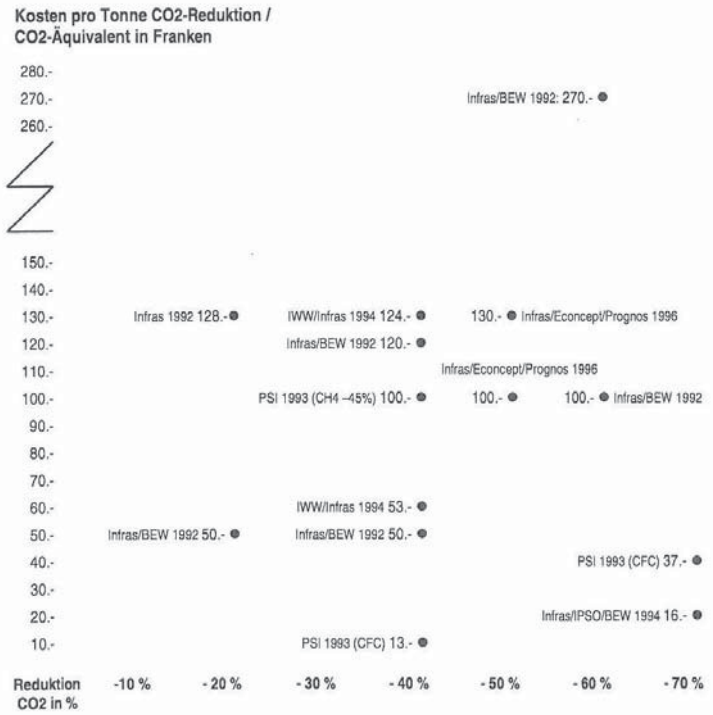


Tabelle 2.1: **Vermeidungskosten und Zahlungsbereitschaft in der Schweiz**

Kosten pro Tonne C02	Annahme Szenario	Grundlagen	Methode	Status/ Bemerkungen
INFRAS, 1992: Externe Kosten Verkehr Region Zürich				
Fr. 128.- oder Fr. 0.46 pro Liter Benzin (1 Liter Benzin = 3.6 kg CO2)	-20% Reduktion CO2 von 1990 bis 2005 +1.5% Treibstoffzunahme pro Jahr -0.4 Preiselastizität Fr. 1.15 pro Liter Benzin (1990) Diskontsatz 5% Einnahmen 2005: 450 Mio. Fr. Diskontierung auf 1990: 240 Mio. Fr. als Extrakosten	Plausible Ad-hoc-Annahmen für Verkehr Region Zürich	Standardpreis Ansatz: Erfüllung der Toronto Zielsetzungen (minus 25%, Stand 1988)	Nationales Forschungsprogramm "Stadt und Verkehr" sehr grobe Schätzung (Beurteilung Autoren)
ECOPLAN 1992: Externe Kosten Verkehr Region Bern				
Fr. 72.- oder Fr. 0.20 pro Liter Benzin	Ad-hoc Schätzung aufgrund internationaler Studien zu den Klimakosten (u.a. Nordhaus, Morgenstern, Hohmeyer)	Schadenskostenschätzungen u.a. - Nordhaus 1991 - Morgenstern 1991 - Hohmeyer 1991	Ad-hoc Annahmen	Nationales Forschungsprogramm "Stadt und Verkehr" Minimalschätzung (Beurteilung Autoren)
INFRAS/BEW 1992: CO2-Verminderung Verkehr				
Top-down / Bottom-up Fr. 50.- / < 50.- Fr. 120.- / - 50.- Fr. 270.- / > 100.-	Reduktionsziele CO2 von 1990 bis 2025 - 20% - 40% - 60%	Top-down: Exess-burden-Schätzung Bottom up: Schätzungen technischer Fortschritt, Fahrleistungen usw.	Top-down: entgangener Nutzenverlust Bottom-up: Addition einzelner Massnahmen	Forschung Bundesamt für Energiewirtschaft

Kosten pro Tonne C02	Annahme Szenario	Grundlagen	Methode	Status/ Bemerkungen
IWW/Infras, Karlsruhe/Zürich 1994: External Effects of Transport				
Fr. 53.- bis Fr. 124.-	Reduktionsziel 2025: - 40% (Stand 1990)	INFRAS/BEW 1992	Top-down: entgangener Nutzenverlust Bottom-up: Addition einzelner Massnahmen	Auftrag International Union of Railways (UIC), Paris
INFRAS/ECONCEPT/PROGNOS 1996: Die vergessenen Milliarden				
1990 - 2025: 100.- Fr. bis 130.- Fr.	1990 - 2025 = -50% CO2 Referenzentwicklung: Bevölkerung: +0.3% pro Jahr Produktivität: +1.5% pro Jahr (bis 2000) +1.25% pro Jahr (ab 2000) Reduktion CO2: -23 Mio. Tonnen bis 2025	- Reduktions-massnahmen - Substitutions-massnahmen	Vermeidungskosten	Auftrag - Bundesamt für Konjunkturfragen - Bundesamt für Energiewirtschaft - Amt für Bundesbauten Werte an der Obergrenze Dem technologischen Fortschritt wird eine grosse Bedeutung zugemessen.

Kosten pro Tonne C02	Annahme Szenario	Grundlagen	Methode	Status/ Bemerkungen
Paul Scherer Institut (PSI) 1993				
Kosten pro Tonne CO2-Äquivalent CFC: 13.- bzw. 37.- Fr. CH4: 20.- bzw. 100.- Fr. N2O: 20.- bzw. 100.- Fr.	Energieverbrauch: +46% - Öl: +12% - Kernenergie: +10% BSP: +1.6% pro Jahr Bevölkerung: +0.3% pro Jahr Energieintensität: +0.6% pro Jahr CFC: -50% bzw. -67% CH4/N2O: -20% bzw. -45%	Elastizitätsschätzungen Landwirtschaft: Schätzung für einzelne Massnahmen	Modell Markal (OECD/IEA)	Forschung Paul Scherer Institut PSI
INFRAS/IPSO/BWE 1994: Zahlungsbereitschaft				
Fr. 9.30 bis Fr. 16.- pro t CO2-Äquivalent oder 0.75 - 1.3 Mrd.	Volle Lösung des Treibhausproblems: Es sind keine negativen Auswirkungen zu erwarten.	CO2 Äquivalente 81 Mio. t Umfrage 1993 ganze Schweiz	Befragung Zahlungsbereitschaft	BEW Forschung

2.2 Beurteilung der wichtigsten Annahmen

Der Zeithorizont reicht in der Regel nur bis zum Jahr 2025. Als Ausgangsjahr werden entweder das Jahr 1985 oder das Jahr 1990 gewählt. Für das Jahr 2025 werden CO2-Reduktionsziele von 20 bis 60 Prozent angenommen.
Das Bevölkerungswachstum wird praktisch einheitlich mit 0.3 Prozent pro Jahr angenommen.
Die Wachstums- bzw. Produktivitätsraten schwanken zwischen 1.25 und 1.5 Prozent pro Jahr.
Die Energiepreissteigerungen werden nur im Fall vom PSI (1994) explizit ausgewiesen (+120 Prozent für Öl bis ins Jahr 2000, anschliessend stabil). Die übrigen Studien weisen entweder keine oder nicht ersichtliche Annahmen über Energiepreissteigerungen aus.
Die autonome Entwicklung der Energieintensität wird in der Studie des PSI mit 0.25 bzw. 0.6 Prozent angenommen. Für die übrigen Studien wird keine explizite Entwicklung der Energieintensität ausgewiesen.

2.3 Methoden

Die Übersicht (vgl. Tabelle 2.1) zeigt, dass für die Schweiz keine Schadenskostenschätzungen vorliegen. Falls mit Schadenskosten gerechnet wird (ECOPLAN 1992), so wird von internationalen Durchschnittswerten ausgegangen.
Die Studie INFRAS (1992) arbeitet mit dem Standard-Preisansatz und geht von Ad-hoc-Annahmen aus.
ECOPLAN (1992) überträgt internationale Schadenskostenschätzungen mit Ad-hoc-Annahmen (untere Schätzwerte internationaler Studien) auf die Schweiz.
Die Studie INFRAS/BEW (1992) nimmt für den Verkehr eine Bottom-up-Schätzung vor, die auf der Schätzung einzelner Massnahmen beruht (Fahrverhalten, technische Massnahmen, Umweltabgaben). Gleichzeitig werden Schätzungen der Zusatzlasten (Excess burden) vorgenommen.
Die Bottom-up-Werte (insbesondere INFRAS/ECONCEPT/PROGNOS, 1996) dürfen als recht zuverlässig betrachtet werden. Allerdings ist auch hier die empirische Basis für die Berechnung der einzelnen Werte im Wärme- und Strombereich sowie im Verkehrsbereich schmal. Zudem gelten die Resultate für den technischen Stand Ende der 80er Jahre. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass bei breiterer empirischer Abstützung und Beachtung des technischen Fortschritts tiefere Werte errechnet werden.

2.4 Schlussfolgerungen für die schweizerischen Schadenskostenberechnungen

a) Für die Schweiz bestehen keine Schadenskostenschätzungen.

b) Die Vermeidungskosten mit dem Bottom-up-Ansatz werden gegenüber der Methode mit dem Top-down-Ansatz durchwegs tiefer eingeschätzt. Dieses Resultat liegt im Trend der internationalen Forschung zu den Klimakosten.

c) Nur in einer Studie sind die Kosten für weitere Treibhausgase (CFC, CH4, N2O usw.) berechnet worden (PSI, 1993). Im Vergleich zu den CO2-Kosten liegen diese markant tiefer. Das zeigt, dass unter Beachtung aller Treibhausgase eine kostenminimierende Reduktionsstrategie möglich ist.

d) Die empirische Basis für die Vermeidungskostenberechnung ist schmal. Es wäre wünschenswert, vertiefte Analysen durchzuführen. Dabei müsste vor allem dem technischen Fortschritt vermehrt Beachtung geschenkt werden.

e) Die Werte betreffend der Zahlungsbereitschaft sind tief. Darin kann ein Informationsdefizit der Bevölkerung gesehen werden.

3. Auswirkungen der Klimaänderungen für die Schweiz

3.1 Das Klimaszenario des NFP 31

Ausgangspunkt: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) 1990

Das Nationale Forschungsprogramm 31 „Klimaänderungen und Naturkatastrophen" ist mit dem Beginn der Arbeiten im Jahre 1992 vom IPCC-Szenario A 1990 (Business as usual, IPCC 1992) ausgegangen: In der Zeitspanne von 1800 bis 2030 würden sich für das südliche Europa – und damit auch für die Schweiz – folgende Änderungen der mittleren Temperatur und der Niederschläge einstellen (IPCC 1992, PROGRAMMLEITUNG (Hrsg.) 1998):

Änderung der Wintertemperatur:	+2°C
Änderung der Sommertemperatur:	+2° bis 3°C
Änderung Winterniederschlag:	leicht +
Änderung Sommerniederschlag:	-5 bis -15 Prozent

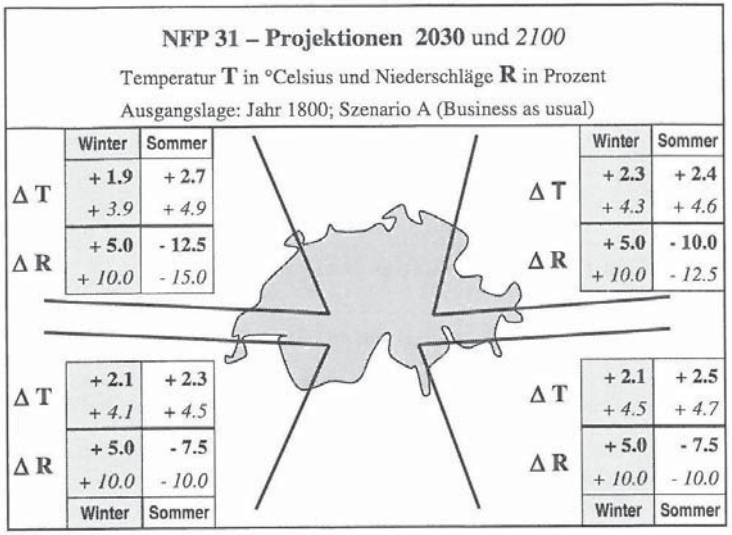
Regionalisierung der IPCC-Werte für die Schweiz

Eine Regionalisierung des IPCC-Szenarios A 1990 ist im Rahmen des NFP 31 für die Schweiz (Zeitraum 1800 bis 2030) vorgenommen worden. Die Schätzungen sind der Abbildung 3.1 zu entnehmen.

So liegt der Temperaturanstieg für den Zeitraum von 1800 bis 2030 für Sommer und Winter praktisch durchwegs über +2°C. Für den Sommer ist der Temperaturanstieg – gegenüber dem Winter – leicht höher, wobei er in der Nordwestschweiz am meisten zunehmen soll (+2.7°C). Der geringste Anstieg wird mit +2.3°C für die Südwestschweiz geschätzt.

Die Niederschlagswerte weisen für alle Landesteile im Winter ein Plus von 5 Prozent auf. Für den Sommer sind Reduktionen von -7.5 bis -12.5 Prozent berechnet worden.

Abb. 3.1: **NFP 31 – Projektionen 2030 und 2100 – Arbeitshypothese**



Quelle: Programmleitung NFP 31, 1998 – Arbeitshypothese

Weit massivere Änderungen werden für den Zeitraum von 1800 bis 2100 geschätzt: Die Temperaturzunahmen liegen zwischen knapp 4°C bis knapp 5°C. Die Niederschläge steigen im Winter um 10 Prozent, für den Sommer wird mit einer Reduktion von -10 bis -15 Prozent gerechnet.

Neue Werte des IPCC 1995:
Dämpfende Aerosole und langsamerer CO2-Anstieg

Seit 1990 hat sich das klimatologische Wissen markant weiter entwickelt. So ist für das IPCC-Szenario 1995 (IPCC, 1996) die temperaturdämpfende Wirkung der Sulfat-Aerosole berücksichtigt worden. Die Sulfat-Aerosole enthalten kleine Partikel, die aufgrund der Schwefeldioxydemissionen entstehen. Sie reflektieren die Sonneneinstrahlung direkt in den Weltraum zurück und dämpfen damit den anthropogenen Treibhauseffekt. Zudem wird die CO2-Verdoppelung in der Atmosphäre (560 ppmv) erst für die Jahre 2050 bis 2070 erwartet. Damit treten die Temperatur- und Niederschlagsänderungen erst mit einer gewissen Verzögerung ein. Die tendenziellen Veränderungen der Temperaturen und Niederschläge bleiben sich jedoch gleich.

Die meisten Studien des NFP 31 sind auf der Basis des IPCC-Szenarios 1990 A für den Zeitraum bis 2030 errechnet worden. Werden die neuen Erkenntnisse des IPCC

1995 beachtet, so können diese Korrekturen berücksichtigt werden, wenn der Zeithorizont vom Jahr 2030 auf das Jahr 2050 verschoben wird. Im folgenden wird deshalb vom NFP 31-Szenario gesprochen, wenn mit den Werten in Abbildung 3.1 gerechnet wird und das Jahr 2050 den Zeitrahmen angibt. Für diesen Zeitpunkt kann auch eine Verdoppelung der CO2-Emissionen (560 ppvm) angenommen werden. Bei abweichenden Annahmen in den verwendeten Studien wird speziell darauf verwiesen.

3.2 Übersicht Auswirkungen Klimaänderungen

Die Auswirkungen (Schäden bzw. teilweise Nutzen) für die Schweiz aufgrund von Klimaänderungen (2xCO2 im Jahr 2050) werden zusammenfassend in Tabelle 3.1 dargestellt. Abgestützt auf die Resultate des NFP 31 und weiteren Studien werden kritische Bereiche bezüglich einer Klimaänderung wie die Erhöhung der Schneegrenze, Hochwasser und Überschwemmungen usw. aufgenommen (Spalte 1 der Tabelle 3.1).

Qualitative Beurteilung der Eintretenswahrscheinlichkeit von Wirkungen

Für jeden Bereich wird auf die Wahrscheinlichkeit des Eintretens einer Veränderung aufgrund der Klimaerwärmung eingegangen. Dabei ist nur – wenn überhaupt – eine qualitative Beurteilung der Eintretenswahrscheinlichkeit möglich.

Die vorliegenden naturwissenschaftlichen Ergebnisse zu wahrscheinlichen Auswirkungen mit Schaden- bzw. Nutzenfolgen der Klimaänderungen sind in der Regel zurückhaltend, teilweise sogar äusserst vage. Einzig für die Bereiche

- Erhöhung der Schneegrenze
- Gletscherschwund
- Erhöhung der Permafrostgrenze
- Wanderungen, Flüchtlinge

können mit einer (relativ) hohen Wahrscheinlichkeit Wirkungen mit allfälligen Schaden- bzw. Nutzenfolgen erwartet werden.

Für die weiteren Bereiche

- Schneedauer
- Murgänge
- Abflussregime: Winter statt Sommer
- Hochwasser/Überschwemmungen
- Grundwasser/Trockenheit
- Sommerstürme/Hagel/Winterstürme
- Nicht standortgerechter Wald, erhöhte Waldgrenze

- Waldbrände Südalpen
- Landwirtschaft

wird mit einer „mittleren" oder „geringen" Eintretenswahrscheinlichkeit gerechnet. Für einige untersuchte Bereiche können keine oder nur sehr ungewisse Aussagen gemacht werden (z.B. Murgänge randalpin, Krankheits- und Sturmanfälligkeit Wald). Die Lawinentätigkeit soll gar verringert werden.

Das Mass der Auswirkungen: Mögliche Schäden und Nutzen

Recht ausgeprägte Wirkungen mit einem relativ hohen Ausmass an Schäden werden für den Tourismus, insbesondere den Wintersporttourismus erwartet. Ebenfalls können zusätzliche Hochwasser und Überschwemmungen – allerdings bei einer recht unsicheren Eintretenswahrscheinlichkeit, aber einem hohen Schadenspotential – nicht ausgeschlossen werden. Allenfalls stellt sich aufgrund von zusätzlichen Flüchtlingsströmen eine grössere Belastung für die Schweiz ein.
Für die übrigen Bereiche werden „mittlere", „geringe" oder gar „keine" Wirkungen bzw. Schäden erwartet. Dies schliesst allerdings nicht aus, dass „mittlere" und „geringe" Schäden lokal und regional durchaus ein hohes Ausmass annehmen. Die betroffene Bevölkerung (vor allem im voralpinen Raum, Jura und im Berggebiet) wird auf diese Schäden sensibel reagieren. In der politischen Diskussion werden deshalb auch „mittlere" und „geringe" Schäden von einiger Bedeutung sein.

Von Nutzen wird gesprochen, wenn sich beispielsweise die Produktionspotentiale in der Forst-, Land- oder Energiewirtschaft aufgrund der angenommenen Klimaänderung ausdehnen können.

Legende zur Tabelle 3.1 (nebenstehende Seite):

Eintretenswahrscheinlichkeit von Wirkungen aufgrund Klimaszenario:

+++	(Relativ) Hohe Wahrscheinlichkeit des Eintretens
++	Mittlere Wahrscheinlichkeit des Eintretens
+	Geringe Wahrscheinlichkeit des Eintretens
+-	Keine bzw. sehr ungewisse Wahrscheinlichkeit des Eintretens
-	Abnahme der Wahrscheinlichkeit des Eintretens

Auswirkungen mit allfälligen Folgen (Schäden bzw. Nutzen-, Gewinnpotential):

- - -	Hohe Auswirkungen mit negativen Folgen: Hohes Schadenspotential
- -	Mittlere Auswirkungen mit negativen Folgen: Mittleres Schadenspotential
-	Geringe Auswirkungen mit geringem Schadenspotential
+	Geringe Auswirkungen mit positiven Folgen: Nutzen- oder Gewinnpotential
( )	Sehr unsichere Wirkung: wird nicht weiter verfolgt.

Quelle: Vergleiche dazu „Diskussion der Auswirkungen": Kapitel 3.3 ff.

Tabelle 3.1: **Übersicht – Auswirkungen der Klimaänderungen für die Schweiz Jahr 2030 bis 2050**

Bereiche	Wahrscheinlichkeit des Eintretens	Ausmass Wirkungen (Schäden bzw. Nutzen)	Betroffenheit
Schneegrenze +300 bis +500 m	+++	- - -	Voralpen, Jura
Schneedauer - 20 bis - 40%	++	- - -	Tourismus, vor allem Wintertourismus
Gletscherzahl - 80%	+++	-	Tourismus, Gesellschaft, Umwelt, Wasserressourcen
Gletscherfläche - 70%	+++	-	
Änderung Lawinenniedergänge	-	(+-)	Personen, Gebäude, Fahrhabe, Infrastrukturen
Permafrostgrenze +200 m bis +700 m	+++	-	Hochalpin (2400 m) Infrastrukturen, Seilbahnen ev. Siedlungen
Murgänge hochalpin	+	-	Gebäude, Fahrhabe, Infrastrukturen, Landschaften
Murgänge randalpin	+-	-	
Abflussregime: Winter statt Sommer	++	-	Umwelt, Wasserressourcen, Stromproduktion
Hochwasser, v.a. alpin	+	- - -	Personen, Gebäude, Fahrhabe, Infrastrukturen
Überschwemmungen	++	- - -	
Grundwasser	+	- -	Wasserressourcen, Wasserversorgung, Landwirtschaft
Trockenheit	++	-	
Sommerstürme/Hagel	++	-	Gebäude, Fahrhabe, Infrastrukturen, Land- und Forstwirtschaft
Winterstürme	+	- -	
Wald			
- Nicht standortgerecht: 25 bis 30% um +5 bis +30%	++	-	Erlösminderung
- Krankheits-, Sturmanfälligkeit	+-	(-)	Verlust Schutzfunktionen
- Zunahme Biomasse	+-	(+)	Erlössteigerung
- Waldgrenze +100 bis +300m	+	+	erhöhte Schutzfunktionen
- Waldbrände Südalpen	++	-	Siedlungen, Erlösminderung
Landwirtschaft (Planzenbau)	++	+-	Ertrag, Einkommen
Biodiversität	+	(-)	Umwelt, Flora Berggebiet
Gesundheit	+-	(+-)	Gesellschaft
Wanderungen, Flüchtlinge	+++	- - -	Gesellschaft, Wirtschaft

3.3 Diskussion der Auswirkungen

3.3.1 Ansteigen der Schneegrenze – verkürzte Schneedauer

Bei einer Erwärmung von 0.6°C bis 1°C wird für den Zeitraum von 2030 bis 2050 mit einem Ansteigen der Schneegrenze um 100 Meter gerechnet (Ausgangsjahr 1990). Bei einer durchschnittlichen Temperaturzunahme von 2° bis 3°C würde die Schneegrenze um 300 bis 500 Meter ansteigen (FOEHN, 1990; FOEHN, 1991; KUNZ, 1996; ABEGG, 1996). Die randalpinen Gebiete werden von einem Verlust der Schneedecke weit stärker als alpine Regionen getroffen.

Weiter ist mit einer Abnahme der Schneedauer zu rechnen: Für die Alpennordseite wird damit gerechnet, dass sich durch die Erwärmung die Anzahl Tage mit geschlossener Schneedecke um -20 Prozent vermindert. Für die Alpensüdseite wird ein Rückgang von -30 bis -40 Prozent erwartet.
Unterhalb von 1500 Meter ü.M. ist nur noch selten eine geschlossene Schneedecke anzutreffen. Alle Skiorte zwischen 800 und 1500 Meter ü.M. sind direkt betroffen (MESSERLI, 1990): Es sind dies vor allem die nördlichen Voralpen und der Jura.
Gemäss einer Studie des SVS würden ein Drittel der 267 Skigebiete die erforderliche Schneesicherheit (mindestens 100 Tage Schnee pro Jahr, Schneedecke > 30 cm) für einen rentablen Wintertourismus verlieren (PFUND, 1993). Statt wie heute 87 Prozent wären nur 66 Prozent der Skiorte schneesicher. ABEGG geht davon aus, dass heute nur 69 Prozent schneesicher sind und rechnet mit einem Rückgang auf 44 Prozent.

Der Rückgang der Schneedauer und der Tage mit geschlossener Schneedecke ist bei einer Erwärmung relativ sicher. Das Schadensbild – vor allem für den Wintersporttourismus in den Höhenlagen unter 1500 Meter – erscheint recht eindeutig.

Relativierung des Schadensbildes: Effektive Temperaturen beachten

Immerhin sind in jüngster Zeit gegenüber dem skizzierten Schneeszenario von zwei Seiten Einwände erhoben worden:
So weisen LANG/OHMURA (1997) darauf hin, dass für den Aufbau einer Schneedecke nicht die mittleren Temperaturen, sondern die effektiven Temperaturen während des Niederschlags, die in der Regel nur wenige Stunden bis Tage andauern, massgebend sind. Es sei deshalb denkbar, „dass selbst bei erhöhten mittleren Temperaturen in Zukunft einige wenige Kaltlufteinbrüche pro Winter, die mit hohen Niederschlägen verbunden sind, immer wieder dazu führen könnten, dass entsprechende Schneedecken in den als kritisch bezeichneten Höhenlagen (d.h. unter 1500 bis 2000 Meter, der Autor) aufgebaut werden. Der vergangene Winter (1996/1997) ist für diese Art des Schneedeckenaufbaus ein Beispiel." (LANG/OHMURA, 1997). In den Hochlagen (über 2000 Meter) rechnen LANG/OHMURA mit genügend tiefen Temperaturen. Die erhöhten Winterniederschläge führten sogar zu mehr Schnee.
LANG/OHMURA ziehen den Schluss, dass es auch in Zukunft Jahre mit recht winterlichen Verhältnissen und kritischen Lawinensituationen geben kann. Genauere

Angaben über die Verteilung der schneefreien Tage bzw. Wintertage mit Schneedecke in tieferen Lagen werden allerdings nicht gemacht.

Erhöhter Einfluss des Islandtiefs im Winter in den kommenden Jahren

WANNER (1997) sieht – neben der anerkannten längerfristigen Tendenz von markanten Temperatur- und Feuchtezunahmen im Winter aufgrund der steigenden anthropogenen Treibhausgasemissionen – mittelfristige Schwankungen (Zeitraum ca. 25 Jahre) der Westwindzirkulation (relativ warme feuchte Luftmassen) bzw. des Vordringens von Nordwinden (kalte eher trockene Luftmassen). Nach einer gewissen Dominanz der Westwindzirkulation in den letzten 25 bis 30 Jahren mit eher warmen Wintern schliesst WANNER (1997) einen verstärkten Einfluss der isländischen Tiefdruckgebiete in den kommenden Jahren im Winter nicht aus. Die Wahrscheinlichkeit von Extremereignissen im Winter (v.a. Stürme) würde tendenziell zunehmen. Wie sich dabei die Temperaturen – unter Berücksichtigung der allgemeinen Erwärmung – entwickeln, bleibt eine offene Frage (PROGRAMMLEITUNG, 1998). Eine gewisse Abnahme der Temperaturen, vor allem während weniger Tage, wird durchaus als möglich erachtet. Für einige Jahre könnte somit die Schneedecke auch in tieferen Lagen wieder zunehmen. Wie sich die Westwind- bzw. Nordwindeinflüsse längerfristig auswirken werden, wird offen gelassen.

Der postulierten Bedrohung für tiefer gelegene Winterstationen wird nicht grundsätzlich widersprochen. Immerhin wird das Schadenspotential für tiefere und mittlere Lagen – zumindest kurz- und mittelfristig – relativiert.

Nutzen der verringerten Schneedecke?

Neben den negativen Effekten auf den Wintersporttourismus in tieferen Lagen ist bei einer Erwärmung als Positivum u.a. ein reduzierter Heizenergiebedarf zu erwähnen (Nutzenpotential).
Die verringerte Schneedecke erleichtert zudem die Strassen- und Schienenbenutzung (motorisierter Verkehr und Langsamverkehr). Schneeräumungsarbeiten werden reduziert, die Zahl eis- und schneebedingter Unfälle wird tendenziell sinken.

3.3.2 Schmelzen der Gletscher

Bis ins Jahr 2030 bis 2050 sollen bei einer Erwärmung von +3°C 80 Prozent der Gletscher verschwinden und die vergletscherten Flächen um -70 Prozent abnehmen (HAEBERLI/HOELZLE, 1995; KUNZ, 1996, S. 55). Dabei ist vor allem mit dem Verlust der kleineren Gletscher zu rechnen. Speziell betroffen sind auch die Gletscher auf der Alpensüdseite.

Mit dem Gletscherschwund werden bisher stabile Zonen destabilisiert: Es können sich neue Randseen bilden. Schutt wird eisfrei, und mit zusätzlichen gefährlichen Murgängen ist zu rechnen. So ist für den Grubengletscher ob Saas Balen (Kanton Wallis) das Gefahrenpotential im Detail analysiert worden (HAEBERLI et al. 1996,

GEO7/ZIMMERMANN, 1997). Erhebliche lokale Gefahren wie beispielsweise Abbruch von Gletschern oder Hochwasser, die durch Eisstossbildung entstehen, können eintreten. Nach einer transitorischen Phase ist allerdings nicht auszuschliessen, dass ein neues Gleichgewicht entsteht und gewisse Risiken – auch gegenüber dem heutigen Zustand – reduziert werden.

Der Zusammenhang zwischen Erwärmung und Rückgang der Gletscher darf in einem hohen Ausmass als gesichert angenommen werden.

Mit dem Gletscherschwund sind vielfältige Auswirkungen verbunden: In erster Linie ist auf den Verlust einmaliger Landschaften hinzuweisen. Innert kürzester Zeit verändert sich die Landschaft in einem erheblichen Ausmass. Mit dem Gletscherschwund ergeben sich direkte Einbussen für den Sommer- und Wintertourismus. Die Attraktivität für Wanderer und Alpinisten wird gemindert und das Gletscherskifahren stark eingeschränkt oder ganz verunmöglicht. Längerfristig bleiben nur noch Zermatt und Saas Fee als Gletscherskigebiete erhalten.

Die Funktion der Gletscher als Wasserspeicher fällt weitgehend weg. Der Wasserhaushalt wird verändert. Der Wasserabfluss erfolgt innert einem verkürzten Zeitraum. Die Stromproduktion in Speicherkraftwerken wird dadurch verändert.

3.3.3 Permafrost

Bei einem Temperaturanstieg von +1° bis +2°C bis zum Jahr 2030 wird geschätzt, dass die Permafrostgrenze um 200 bis 700 Meter ansteigen wird (HAEBERLI, 1992, S.11). Bisher stabile Gesteins- und Schuttformationen, die heute noch das ganze Jahr gefroren sind, werden in Höhenlagen über 2400 Meter instabil. Schutthalden und Moränen werden frei gelegt. Die Gefahr von zusätzlichen Murgängen erhöht sich.

Die Gebiete, die nach Ende des Permafrostes gefährdet sind, können bisher nicht detailliert und explizit aufgezeigt werden. Es werden einzig verschiedene Gefahrengebiete und Regionen erwähnt: Puschlav, Oberengadin, Obergoms, Saas/Mattertal, Turtmanntal, Réchy/Lona (HAEBERLI, 1995b, S. 113 ff.).
Die Gefährdungen sind vielfältig: Lokal können Bauten und Anlagen (Bergstationen von Transportanlagen, Berghotels, Bergrestaurants) in ihren Fundamenten bedroht werden. Sie können sich verschieben oder ganz abrutschen. Die Gebäulichkeiten und Infrastrukturen müssen zusätzlich verankert werden. Erhöhte Baukosten sind zu erwarten.

Regional werden die hydrologischen Verhältnisse beeinflusst. Im Zusammenspiel mit der erhöhten Murganggefahr können Landschaften und auch Orte in Talböden bedroht werden.

Die Zusammenhänge „Klimaänderungen – Rückgang des Permafrosts" werden als recht sicher erachtet.

3.3.4 Änderung der Lawinenniedergänge

In den letzten Jahren haben die Lawinenniedergänge abgenommen (VISCHER, 1997). Dabei ist es bisher eine offene Frage, zu welchen Teilen dies auf den zusätzlichen Lawinenschutz bzw. naturbedingte Faktoren (geringere Schneedecke, Erwärmung) zurückzuführen ist.
PETRASCHECK (1996) geht von einer intensiveren Nutzung der verbleibenden schneesicheren Skigebiete aus. Es besteht ein Mangel an geeigneten Landreserven. Dadurch werden zunehmend auch leicht oder mittelstark gefährdete Lawinengebiete zusätzlich genutzt werden. Die Gefährdung durch Lawinenniedergänge ist somit nicht nur durch die Häufigkeit von Lawinen bedingt, die Wahl der Standorte für touristische Anlagen ist ein wichtiges mitbestimmendes Moment. Ebenfalls müssen die zusätzlichen Schutzmassnahmen beachtet werden, die wiederum zu einer Reduktion des Schadenspotentials durch Lawinen beitragen können. Zudem ist eine erhöhte Waldgrenze in einem Erwärmungsszenario zu beachten: Mit natürlichen Mitteln könnten die Wälder in hohen Lagen eine zusätzliche Schutzaufgabe übernehmen.

Die Entwicklung von Lawinenniedergängen kann nicht eindeutig beurteilt werden. Insbesondere unter Einbezug politischer Reaktionen wie Ausbau der Schutzwälder und künstlichen Schutzmassnahmen ist ein Rückgang von Lawinenniedergängen nicht auszuschliessen. Die Wirkungskette „Klimaänderungen – Lawinenniedergänge„ kann jedenfalls kaum als besorgniserregend bezeichnet werden.

3.3.5 Murgänge

Murgänge können sich in der hochalpinen Zone bei einer Erwärmung als Sekundärphänome einstellen, wenn der Permafrost aus Schuttkörpern verschwindet oder wenn neue Schuttquellen durch das Abschmelzen von Gletschern freigelegt werden (GEO7/ZIMMERMANN et al., 1997). Dadurch werden Ereignisse möglich, die keine historische Parallele haben. Die hochalpine Zone, in der vermehrt Murgänge eintreten können, ist flächenmässig klein (GEO7/ZIMMERMANN, a.a.O.). Die potentiellen Murgangzonen sind weitgehend bekannt. Die Folgen einer Temperaturerhöhung und einer Änderung der Niederschlagsregimes sind wahrnehmbar, es kann festgestellt werden, welche Auswirkungen auf die Gefahrenzonen vorhanden sind.
In den flächenmässig grossen randalpinen Zonen (Alpennord- und Alpensüdseite) sind durch höhere Temperaturen oder durch ein verändertes Niederschlagsregime kaum wahrnehmbare Folgen zu erwarten. Hingegen können sekundäre klimatische Effekte (Sturmschadenflächen in steilen Wäldern) zu Instabilitäten mit verstärkter Murgangaktivität führen.

Insgesamt werden die Zusammenhänge von Klimaänderungen und Murgangaktivitäten wohl als identifizierbar dargestellt. Die Unsicherheiten sind aber relativ gross: Es sind nur generelle Trendaussagen möglich. Gebietsspezifische Aussagen können nur teilweise gemacht werden. Das Wissensmanko über Murgänge ist gross (GEO7/Zimmermann, a.a.O.).

Murgänge als Teil eines Syndroms

Am ehesten lässt sich eine kumulative Koppelung von Effekten in hochalpinen Regionen feststellen: Das Zusammenspiel von Starkniederschlägen, Ende des Permafrostes, Murgängen, geschwächten Wäldern und ausgetrockneten Böden kann Rutschungen auslösen und die Gefahr von Hochwassern und Überschwemmungen steigern. Über die Wahrscheinlichkeit solcher Ereignisse und zur Frage, welche Regionen besonders gefährdet sind, können allerdings keine klaren Aussagen gemacht werden.

3.3.6 Niederschläge – Änderung des Abflussregimes: Hochwasser und Überschwemmungen

Leichte Zunahme der Niederschlagsmengen mit Variation Sommer/Winter

Die mittleren jährlichen Niederschläge nehmen etwas zu. Im Sommer werden häufigere Starkniederschläge – bei einer Abnahme der gesamten Niederschlagsmenge – erwartet. Die extremen Niederschläge nehmen somit zu. Die Verdunstung (Evapotranspiration) nimmt zu und führt zu einer Reduzierung von Abfluss und Bodenfeuchte.

Im Winter werden bei einer angenommenen Temperaturerhöhung von +2°C im Bereich der Alpen die starken Niederschlagsereignisse generell häufiger (PROGRAMMLEITUNG NFP 31, 1998). Die Alpensüdseite ist dabei speziell betroffen. Die Häufigkeit von Niederschlagsereignissen mit geringen Intensitäten bleibt indessen praktisch unverändert. Das bedeutet, dass vor allem häufigere Starkniederschlagsereignisse für die erwartete Zunahme der Niederschlagsmengen im Winter verantwortlich sind: Die Häufigkeit solcher Starkniederschläge soll sich um +20 bis +30 Prozent erhöhen.

Änderung des Abflussregimes: Weniger im Sommer, mehr im Winter

Für die Änderung des Abflussregimes liegen keine gesamtschweizerischen Analysen bzw. Modellrechnungen vor. Immerhin lassen sich einige gemeinsame Tendenzen für die schweizerischen Flusssysteme feststellen.

Es ist eine deutliche Veränderung der zeitlichen Verteilung der Abflüsse zu erwarten. In den Wintermonaten Dezember, Januar und Februar nehmen die Abflüsse zu (+5 Prozent bis im Jahr 2100), während im Zeitraum April bis Dezember die Abflüsse im Mittel eine eindeutig abnehmende Tendenz aufweisen (-15 Prozent im Jahr 2100). Dies führt insgesamt zu einer stärker ausgeglichenen jahreszeitlichen Verteilung der Abflüssse (LANG, 1996).

Erhöhte Abflussspitzen im Sommer und Winter möglich

Vom Frühsommer bis in den Herbst werden die Niederwasser verstärkt auftreten. Der bisher übliche Niederwasserstand im Winter wird sich zurückbilden. In den Flusssystemen des Mittellandes wird sich diese Entwicklung – im Gegensatz zu den alpin geprägten Einzugsgebieten – stärker bemerkbar machen. Die Wahrscheinlichkeit eines niedrigen Wasserstandes nimmt allgemein deutlich zu.

Im Winter werden die Niederschläge in den Höhenlagen bis 1500 Meter vermehrt als Regen statt als Schnee auftreten. Hochwasser sind, insbesondere im Zeitraum November bis Februar, durch zum Teil erhöhte Abflusswerte zu erwarten. Eine erhöhte Hochwassergefahr tritt vor allem bei fehlenden Schneedecken – aber gleichzeitig gefrorenem Boden – auf. Mit zunehmendem Zeithorizont, das heisst bis ins Jahr 2030 und später, können Winterhochwasser zu den massgeblich bestimmenden Hochwasserereignissen werden (KUNZ, NFP 31/info 10, S.8).

Im Sommer ergibt sich eine deutliche Reduktion der Hochwasserabflüsse und eine entsprechende Verringerung der Hochwasserwahrscheinlichkeiten (LANG, 1995, 1997). Das heisst aber nicht, dass die sommerlichen Abflussspitzen in Wildbacheinzugsgebieten abnehmen: KIENHOLZ (1996) stellt fest, dass bei einer Klimaerwärmung mit trockeneren Böden zu rechnen ist und damit deutlich erhöhte Abflussspitzen – auch bei vergleichsweise geringen Niederschlägen – zu erwarten sind. Kumulative Effekte können durch erhöhten Geschiebetransport eintreten.

Im Jahresmittel wird keine eindeutig nachweisbare Veränderung der Hochwasserwahrscheinlichkeiten abgeleitet. Für die alpinen Lagen über 2000 Meter ü.M. wird mit einer leichten Zunahme der mittleren Hochwasserwahrscheinlichkeit gerechnet. Insgesamt kann aber eine Veränderung der Hochwasserwahrscheinlichkeiten nach dem jetzigen Stand der Modellrechnungen gemäss LANG nicht abgeleitet werden. Die Effekte können durch anders strukturierte Niederschläge allerdings verstärkt oder abgeschwächt werden (LANG, 1996).

Hochwasser und Überschwemmungen als Syndrom [1]

Letztlich ist die mögliche Gefahr verstärkter Hochwasser und Überschwemmungen auch im Zusammenhang mit dem Syndrom „Permafrost – Murgänge – geschwächte Wälder – ausgetrocknete Böden – vermehrte Rutschungen – zusätzliche wirtschaftliche Nutzung" zu sehen. Zusammen mit Starkniederschlägen und/oder lang anhaltenden Regenfällen können sich erhebliche, teilweise sogar massive Gefahrenpotentiale aufbauen und kumulieren: Personen, Siedlungen, Infrastrukturen und Kulturen sind

[1] Als „Syndrom" können funktionale Muster krisenhafter Mensch-Umweltbeziehungen, d.h. charakteristische Konstellationen natürlicher anthropogener Trends des globalen Wandels sowie deren Wechselbeziehungen bezeichnet werden. Syndrome haben einen transsektoralen Charakter, d.h. sie umfassen mehrere Sektoren (etwa Biosphäre, Wirtschaft, Bevölkerung und Umweltmedien (Boden, Wasser, Luft). Vergleiche dazu ausführlich: Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung, Globale Umweltveränderungen, 1996.

in einem erheblichen Ausmass betroffen. Es können sehr hohe Schäden eintreten. Allerdings lassen sich über die Wahrscheinlichkeit des Eintretens keine gesicherten Aussagen machen. Räumlich sind das Berggebiet und die Fluss- und Seengebiete am ehesten betroffen. Spezifisch gefährdete Regionen sind aber bisher kaum zu identifizieren.

Eventuell leicht positiver Einfluss auf die Wasserkraftnutzung im Winter

Veränderte Abflussregimes können auf die Elektrizitätsproduktion einen Einfluss haben:
Die rascher abfliessenden Wassermengen, die u.a. durch den fehlenden Aufbau der Schneedecke verursacht werden, können bei vollen Speichern nicht genutzt werden. Die Stromproduktion in Speicherkraftwerken kann sich leicht verringern, wenn die Reservehaltung auf die geänderten Verhältnisse nicht genügend Rücksicht nimmt. Die erhöhten Abflussmengen im Winter sind positiv für die Winterstromproduktion in Laufkraftwerken.
Aufgrund der vorliegenden Angaben kann kaum ein eindeutiges Bild der Auswirkungen gezeichnet werden. Leicht positive Gesamtwirkungen auf die Strommenge und vor allem die Stromqualität (erhöhtes Winterangebot) können nicht ausgeschlossen werden.

3.3.7 Bodenfeuchte – Trockenheit – Grundwasserneubildung

Die Bodenfeuchte wird in der Hauptvegetationszeit Mai bis September spürbar reduziert, wobei dieser Effekt vor allem im Mittelland auftreten soll. Die Tage, an denen kritische Bodenfeuchtwerte für die Pflanzen von unter 50 Prozent auftreten, können sich mehr als verdoppeln (LANG, 1997a).

Der reduzierte Wasserabfluss und die geringere Bodenfeuchte führen zu einer geringeren Grundwasserneubildung im Jahresmittel (LANG, 1997a). Dabei erfolgt die reduzierte Grundwasserneubildung ausschliesslich in den Sommermonaten, wobei vor allem tiefer gelegene Einzugsgebiete betroffen sind.
Von BOUZELBOUDJEN, KIMMERMEIER, KUNZ (NFP 31/info 10, S. 7) werden die Auswirkungen auf die Grundwasserneubildung für das Gebiet „Broye-Murtensee" (Mittelland in der Westschweiz) im Grundsatz bestätigt, aber etwas weniger drastisch geschildert: Die verminderte Grundwasserneubildung wird weniger als 10 Prozent betragen. Neben den möglichen Effekten einer Klimaänderung (qua Niederschlag, Abflussmenge, Bodenfeuchte) ist der menschliche Einfluss wie z.B. Drainagen usw. auf die Grundwasserneubildung noch unklar. Zur Zeit können regional unterschiedliche Nutzungsintensitäten der Grundwasservorkommen festgestellt werden.

Insgesamt werden die Zusammenhänge zwischen Abflussregimes – Wasservorkommen – Grundwasser – Klimaänderungen als recht stringent dargestellt (MUSY, BOILLAT, KUNZ, NFP 31/info 10, S. 6). Allerdings sind Voraussagen über Einzelereignisse mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden: Zu vielfältig sind die ver-

schiedenen Einflussfaktoren wie spezielle Wetterlagen und besondere Eigenheiten der einzelnen Abflussregimes. Die grobmaschigen Klimaszenarien können – zumindest zur Zeit – nicht auf spezifische Räume und kurze Zeitperioden umgelegt werden. Somit verbleibt auch für das Syndrom Wasserregime – Grundwasser – Klimaänderung eine recht grosse Unsicherheit, wenn es um die spezifische Lokalisierung von regionalen Schadensbildern geht (KUNZ, NFP 31/info 10, S. 4).

Verminderte Grundwasserreserven können sich auf die Trinkwasserversorgung auswirken. Ebenfalls sind Folgen für das Potential der landwirtschaftlichen Bewässerung zu erwarten. Im Zuge längerer Trockenperioden können sich zusätzliche Probleme einstellen.

3.3.8 Sommer- und Winterstürme – Hagel

Aussagen zu möglichen Auswirkungen auf Sommer- und Winterstürme durch Klimaänderungen liegen für die Schweiz erst in qualitativer Form vor, da die notwendigen Zeitreihen über lange Perioden (mehrere Jahrzehnte) fehlen und sehr viele Einflussfaktoren mitspielen.

Die Studien von SCHIESSER et al. (1996, S. 119) kamen zum Schluss, dass bei einer weiteren Erhöhung der globalen Temperatur mit einer Zunahme der Hagelaktivitäten gerechnet werden kann. Demnach soll die Anzahl Hageltage zunehmen – um wieviel, wird nicht erläutert. Ein gewisser Trend zu stärkeren Hagelereignissen wird ebenfalls als möglich erachtet (PROGRAMMLEITUNG, 1998).

Für die Winterstürme stellen SCHIESSER et al. (1996) in den letzten Jahren eine Abnahme fest: Die Sturmaktivitäten hätten sich weg von der Schweiz nach Norden verlagert. In diesen Zonen (Schweden, Norddeutschland) werden tatsächlich vermehrte Sturmaktivitäten festgestellt. Es könne davon ausgegangen werden, dass dieser Trend bei einer Erwärmung anhalten werde.

Allerdings ist bei verstärktem Einfluss der Nordwindeinflüsse aus dem isländischen Tiefdruckgebiet mit einer „Rückverlagerung" der Sturmaktivitäten zu rechnen. Nach dieser Hypothese nehmen gemäss PROGRAMMLEITUNG (1998) die Sturmaktivitäten im Winter zu. Die Wahrscheinlichkeit für Extremereignisse könne sich zusätzlich erhöhen, wobei eine Schätzung – vor allem auch aufgrund der vielfältigen Einflussfaktoren – als unmöglich erachtet wird.

3.3.9 Wald: Standortgerechtigkeit, Schutzfunktion, Biomasse, Waldbrände

Eine Klimaänderung beeinflusst den Wald in vielfältiger Weise.

Reduzierte Standortgerechtigkeit

KIENAST/BRZEZIECKI/WILDI (1996) rechnen bei einer Klimaerwärmung von +1° bis +1.4°C damit, dass sich der Prozentsatz nicht standortgerechter Waldbestände – heute sind das 25 bis 30 Prozent – um zusätzliche 5 bis 10 Prozent erhöht. Bei einer Temperaturzunahme von +2° bis +2.8°C werde diese Erhöhung 10 bis 30 Prozent betragen. Die Wälder werden sich längerfristig an die neuen klimatischen Bedingungen anpassen. Im Mittelland werden bei starkem Temperaturanstieg Buchen und Fichtenbestände wahrscheinlich durch Eichen und Hagenbuchen ersetzt. Aufgrund der heutigen Marktbedingungen wird der Holzerlös bei einer Erwärmung ohne Niederschlagserhöhung tendenziell reduziert.

Keine Abschätzungen des Verlusts der Schutzfunktion

Die Krankheitsanfälligkeit nicht standortgerechter Waldbestände nimmt bei höheren Temperaturen tendenziell zu. Vermehrt können sich Pilze und Insekten ausbreiten. Über das Ausmass lassen sich kaum Aussagen machen. Gleichzeitig könnten neuartige Waldschäden zu einer erhöhten Sturmanfälligkeit der Bäume führen. Falls die Winterstürme effektiv wieder zunehmen (erhöhter Einfluss aus dem Nordatlantik im Winter), würde allenfalls die Schutzfunktion der Wälder in den Bergregionen vermindert. Über das Ausmass derartiger Wirkungsketten und mögliche kumulative Effekte liegen keine Schätzungen vor.

Erhöhte Biomasse dank zusätzlicher CO2-Konzentration?

Die Entwicklung der Biomasse von Bäumen hängt von der CO2-Konzentration, den NOX-Emissionen, der Temperatur und den Niederschlägen sowie der Waldnutzung ab.
Von ZINGG (1996) wurde bei einer Verdoppelung des CO2-Gehalts unter gleichzeitiger Berücksichtigung des Stickstoff-Düngeeffekts ein beschleunigtes Wachstum der Biomasse geschätzt (Wachstumssteigerung von +5 bis +10 Prozent). Das zusätzliche Wachstum wäre regional unterschiedlich. Es werden folgende Werte ausgewiesen: Mittelland +10 Prozent, subalpine Regionen +5 Prozent, montane Regionen +3 Prozent.

LAHRATZ kommt zum Schluss, dass ein hoher CO2-Gehalt von Bäumen (im Gegensatz zu Tomaten) nicht grundsätzlich zu gesteigertem Wachstum der Bäume führt. Allenfalls sind erhöhte Wachstumseffekte auf zusätzliche Düngeeffekte (mehr Stickstoffe bei nährstoffhaltigen Böden) zurückzuführen. Insgesamt scheint es (noch) nicht möglich zu sein, die These einer erhöhten Biomasseproduktion zu stützen. Ein positiver Biomasseeffekt aufgrund einer erhöhten CO2-Konzentration wird deshalb in den folgenden Überlegungen nicht mehr weiter berücksichtigt.

Erhöhung der Waldgrenze: Gesteigerte Schutzfunktion?

Es gilt als wahrscheinlich, dass sich bei einer Klimaerwärmung die Waldgrenze potentiell um 100 - 300 Meter nach oben verschiebt. Im Prinzip wird damit eine zusätzliche Produktion von Biomasse möglich. Inwiefern dies effektiv eintritt, hängt von der zukünftigen Alpbewirtschaftung ab. Der Wald kann sich in den höheren Lagen nur ausbreiten, wenn die Alpwirtschaft diese Regionen aufgäbe. Grundsätzlich könnte – zumindest in Teilregionen – mit zusätzlichen Waldbeständen eine verstärkte natürliche Schutzwirkung erzielt werden.

Vermehrte Waldbrände auf der Alpensüdseite

Von CONEDERA et al. (1995) wird eine Zunahme der Waldbrandgefahr im Tessin erwartet. Als Ursache steht die Ausdehnung von Waldgesellschaften, die leichter brennen, im Vordergrund. Weitere Faktoren sind zunehmender Stress, vermehrtes Streumaterial mit leichter Brennbarkeit und zunehmende Gewittertätigkeiten.
Inwiefern effektiv Waldbrände eintreten, hängt in entscheidendem Ausmass vom Verhalten der Bevölkerung und dem Einsatz von Präventivmassnahmen ab.

3.3.10 Landwirtschaft

RIEDER/FLÜCKIGER (1997) gelangen in ihren Simulationsrechnungen zum Schluss, dass einerseits Flächenertragsverluste bei einzelnen Agrarprodukten eintreten: Weizen -18 Prozent, Gerste -29 Prozent, Kartoffeln -6 Prozent und Mais -29 Prozent. Unter Berücksichtigung des Wachstumseffekts durch höhere CO2-Konzentrationen (Düngungseffekt), durch die Verlängerung der Vegetationsperiode und einer Verschiebung der Höhenzonen (ca. +200 Meter) werden die Ertragsminderungen annähernd kompensiert: Für Weizen (+12 Prozent), Kartoffeln (+24 Prozent) und im Rauhfutterbau (+10 bis +20 Prozent) kann sogar mit Ertragszunahmen gerechnet werden (RIEDER/FLÜCKIGER, 1997).

Von den Ertragssteigerungen profitiert vor allem die Tallandwirtschaft. Die Berglandwirtschaft hat komparative Nachteile zu verzeichnen, weil dort aus klimatischen Gründen fast nur Rauhfutterbau betrieben werden kann, die möglichen Ertragssteigerungen im Vergleich zum Talgebiet aber deutlich geringer ausfallen (RIEDER/FLÜCKIGER, 1997).

Laut RIEDER/FLÜCKIGER (1997) wird der inländische Agrarsektor durch GATT/WTO-Anpassungen grundsätzlich stärker tangiert als durch eine mögliche Klimaerwärmung in der Schweiz. Für einzelne Betriebszweige (z.B. Maisbau) oder Regionen trifft dies aber nicht zu: Die möglichen Klimaänderungen werden beispielsweise im Berggebiet zu einer kostenmässigen Benachteiligung des Produktionsstandortes führen, womit die Diskrepanz zwischen den Einkommensverhältnissen des Talgebietes zum Berggebiet zunehmend erhöht werden dürfte.

3.3.11 Biodiversität

Für die Beurteilung einer Veränderung der Biodiversität liegen bisher erst vage Schätzungen im Rahmen künstlicher Versuche mit erhöhten CO2-Konzentrationen während weniger Jahre vor:
Ausgehend von der Feststellung, dass jede Pflanze auf eine erhöhte CO2-Konzentration unterschiedlich reagiert, wird eine Veränderung der Vegetation als wahrscheinlich erachtet. Manche Pflanzen und Bäume wären Gewinner und würden andere verdrängen (LAHRATZ, 1997). Dies hätte nicht nur Auswirkungen auf das Vorkommen einzelner Pflanzenarten, sondern auch auf pflanzenabhängige Tiere und Mikroorganismen. Unter Umständen verschwänden einige Tierarten, oder es ergäben sich Verschiebungen in der Artenzusammensetzung der Mikroorganismen.

Es ist eine offene Frage, wie sich die Biodiversität unter dem Einfluss von mannigfaltigen, möglichen Rückkoppelungen in einem Klimaszenario verhält.

3.3.12 Gesundheit

Für die Schweiz liegen bisher keine Studien vor, die den Einfluss von Klimaänderungen auf die Gesundheit der Bevölkerung analysieren. Für die Dritte Welt, insbesondere für tropische und subtropische Gebiete, werden recht hohe Gefährdungspotentiale ausgewiesen. Eine Übertragung dieser Resultate auf die Schweiz ist aber nicht sinnvoll, da von unterschiedlichen Voraussetzungen auszugehen ist: Trotz höheren Temperaturen dürfte die Anfälligkeit für Tropenkrankheiten kaum zunehmen. Zudem sind die Möglichkeiten zur Verhütung von Krankheiten im Vergleich zur Dritten Welt wesentlich grösser.

3.3.13 Wanderungen – Flüchtlinge

Seit den 70er-Jahren haben Migrationsbewegungen laufend zugenommen. Es hat ein Anstieg von jährlich ca. 2 Millionen Flüchtlingen auf rund 18 Millionen anfang der 90er-Jahre stattgefunden (UNHCR-Report 1994, Die Lage der Flüchtlinge in der Welt, S. 3, in: OPITZ, 1997). Inzwischen werden die jährlichen Flüchtlingsströme bereits auf rund 25 Millionen Menschen geschätzt (OPITZ, 1997, S. 38).

Für die Zukunft wird mit einer weiteren Zunahme der Flüchtlingsströme gerechnet. Treibende Faktoren sind dabei das anhaltende Bevölkerungswachstum und der Problemkomplex „Modernisierungskrise". Damit ist die Erosion traditioneller Werthaltungen und Weltanschauungen und die sie begleitende geistige Entfremdung und Heimatlosigkeit in vielen Regionen der Welt gemeint (OPITZ, 1997, S. 39).

Als dritter wichtiger Faktor für zunehmende Flüchtlingsströme wird die wachsende Belastung der Umwelt aufgeführt, wobei der Klimaänderung eine entscheidende Rolle zugemessen wird. Allerdings schwanken die Schätzungen über zusätzlich gefährdete Personen noch stark. Anlässlich eines Symposiums von IOM (International Organisation for Migration) und UNHCR wurde von 135 Millionen Personen ge-

sprochen. Das IPCC schätzt die Klimaflüchtlinge auf 150 Millionen Menschen (IPCC 1996, S. 31). HOHMEYER (1992) rechnet sogar mit gegen einer Milliarde Personen, die vom Hungertod bedroht werden könnten.

Zur Zeit ist es eine offene Frage, inwiefern die gefährdeten Personen überhaupt eine zusätzliche interkontinentale Migrationsbewegung auslösen. CLINE (1992) und FANKHAUSER (1995) schätzen, dass die Klimaänderungen einen zusätzlichen jährlichen Migrationsstrom von 2.734 Millionen Personen verursachen. Gegenüber der Ausgangsbasis von 25 Millionen Personen im Jahr 1995 würde dies eine Zunahme von jährlich 10 Prozent bedeuten. Dies zeigt, dass die demographische und die soziokulturelle Entwicklung in den unmittelbar betroffenen Ländern, vor allem in der Dritten Welt, weiterhin von grosser Bedeutung bleiben wird. Lokal und regional – zum Beispiel in Küstengebieten – können Klimaänderungen eine überaus gewichtige Rolle spielen.

3.4 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

1. Eine Klimaerwärmung kann mannigfaltige Auswirkungen nach sich ziehen und zusätzliche Schäden anrichten. Teilweise eröffnen sich aber auch zusätzliche Nutzen- oder Gewinnpotentiale.
   Der Tourismus, insbesondere der Wintersporttourismus, steht mit einem relativ hohen Schadenspotential im Vordergrund. Hochwasser und Überschwemmungen können Personen, Gebäude, Fahrhabe und Infrastrukturen zusätzlich gefährden. Umgekehrt kann die Zunahme von verstärkten Trockenperioden im Sommer relativ schwerwiegende Folgen für die Trinkwasserversorgung und die landwirtschaftliche Bewässerung haben. Häufigere Winterstürme können an Gebäuden, Fahrhabe und Infrastrukturen zusätzlich Schäden anrichten.
   Vor allem aus der Dritten Welt können vermehrt Klimaflüchtlinge den Weg in die Schweiz finden. Für die Sektoren Forst- und Landwirtschaft sind kaum mit erheblichen Wirkungen in positiver oder negativer Hinsicht zu rechnen. Die Gesundheit der Schweizer Bevölkerung wird kaum tangiert. Mögliche Auswirkungen auf die Biodiversität sind eventuell vorhanden, bisher aber nur in groben Zügen diskutiert.
2. Die ausgewerteten Studien gehen in der Regel vom Klimaszenario des NFP 31 aus (2xCO_2), das sich seinerseits auf das IPCC stützt. Im Laufe der Arbeiten hat dieses Szenario allerdings eine Korrektur erfahren (u.a. geringere Temperaturzunahme v.a. wegen den Sulfat-Aerosolen). Diesem Umstand wird in der vorliegenden Studie Rechnung getragen, indem der ursprüngliche Zeitpunkt des NFP-Szenario 31 vom Jahr 2030 auf das Jahr 2050 „verlegt" wird: Die ursprünglich vorausgesehenen Folgen von Erwärmung und zusätzlichen Niederschlägen treffen gemäss neuen Annahmen erst im Jahr 2050 ein. Die Überlegungen betreffen somit das Jahr 2050 – und nicht 2030.
   In einigen Studien (z.B. Gletscher) wird aber mit abweichenden Werten gerechnet. Die Vergleichbarkeit der Ergebnisse wird damit geschmälert.

3. Die ausgewerteten Studien sind meistens partialanalytisch angelegt: Ausgehend von bestimmten Aspekten einer Klimaerwärmung (z.B. Verdoppelung CO_2, mehr Niederschläge), werden einzelne Auswirkungen untersucht. In der Regel kommen Rückkoppelungseffekte (z.B. erhöhter Einfluss der Nordwinde im Winter) in den Analysen zu kurz. Erst in jüngster Zeit ist einigen Rückkoppelungsmechanismen vermehrte Aufmerksamkeit geschenkt worden. Dadurch werden Resultate relativiert oder gar in ihr Gegenteil verkehrt. Im Laufe des NFP 31 hat sich damit nicht nur die Komplexität der Analysen erhöht, es sind auch zusätzliche Unsicherheitsfaktoren aufgetreten. Die Interpretation der Folgen einer möglichen Klimaerwärmung ist vielschichtiger geworden. Die Aufgabe, eine wirtschaftliche Analyse der Klimaerwärmung durchzuführen, wurde erschwert.
4. In den Studien ist nicht immer ganz klar, ob die Analysen Ex-post oder Ex-ante orientiert sind. Bei einer Ex-post-Analyse müssten die Effekte der Erwärmung in den letzten Jahrzehnten (ca. +1°C) von weiteren Einflüssen isoliert werden. Es ist nicht statthaft, von gleichbleibenden oder sogar abnehmenden Naturaktivitäten auf keinen feststellbaren Klimaeinfluss zu schliessen. Zumindest müsste gefragt werden, inwiefern solche Aktivitäten nicht durch das Klima, sondern auch durch menschliche Eingriffe wie Infrastrukturbauten, Bewirtschaftungsformen usw. beeinflusst bzw. zurückgedämmt wurden.
   Allenfalls sind Auswirkungen von Naturereignissen aufgrund solcher Eingriffe – die zum Teil mit hohen Kosten verbunden sind – ausgeblieben. Beispielsweise sollte eine geringere oder gleichbleibende Lawinenhäufigkeit bei höheren Temperaturen und vermehrten Niederschlägen im Winter in den letzten Jahren nicht einfach durch einen fehlenden Klimaeinfluss erklärt werden. Es müsste mindestens der Versuch unternommen werden, die Wirkungen der Investitionen abzuschätzen, die in den Lawinenschutz gemacht wurden.
5. Insgesamt sind die vorliegenden Grundlagen als recht unsicher bis sehr unsicher zu bezeichnen. In keinem Bereich kann auf einer Basis mit hoher Sicherheit argumentiert werden.
   Es wäre nun aber ein Fehlschluss, an dieser Stelle einfach zusätzliche Detailanalysen zur Verbesserung des Informationsstandes zu fordern. Wohl ist vermehrtes Wissen wünschenswert. Vorgängig müssten aber in einigen Punkten grundsätzliche methodische Erwägungen angestellt werden. Beispielsweise wären vorgängig Modelle für die bessere Erfassung von Rückkoppelungen zu entwickeln. Zudem wäre eine Abschätzung der Relevanz einzelner Faktoren vorzunehmen. Auch der Frage der Isolation einzelner Effekte müsste grössere Aufmerksamkeit geschenkt werden. Ausgehend von Ansätzen, die weniger auf Einzeleffekte ausgerichtet wären, könnten allenfalls wichtige Zusatzinformationen gewonnen werden.
6. Alle Überlegungen beziehen sich auf das Klimaszenario für das Jahr 2050. Die potentiell wesentlich höheren Temperaturzunahmen und die veränderten Niederschlagsmengen im Jahr 2100 und darnach finden keine Beachtung. Es kann mit grosser Sicherheit gesagt werden, dass die Einflüsse beim Szenario 2100 und darnach wesentlich grösser wären. Demnach ist kaum damit zu rechnen, dass sich die Auswirkungen einem linearen Modell unterordnen.

4. Die potentiellen Schadenskosten der Klimaänderungen für die Schweiz

4.1 Übersicht: Methodik – Die wichtigsten Ergebnisse

Die folgenden Kostenschätzungen der Schäden bzw. Nutzen für Klimaänderungen stützen sich auf die Ergebnisse des NFP 31 und weitere Untersuchungen ab, wie sie im Kapitel 3 zusammengefasst worden sind.

Für eine Monetarisierung der potentiellen Schäden bzw. Nutzen stellen sich zwei wesentliche Fragen:

1. Welche Kostenarten bzw. -kategorien müssen überhaupt beachtet werden?
2. Welche methodischen Probleme stellen sich im Rahmen von Kostenschätzungen?

In den folgenden Kapiteln 4.1.1 und 4.1.2 wird diesen Fragen nachgegangen. Im Kapitel 4.1.3 erfolgt ein Überblick über die Schadenskostenschätzungen.

4.1.1 Kostenkategorien

Die Umweltökonomie hat in den letzten Jahren verschiedene Kostenkonzepte für die Beurteilung von Umweltauswirkungen (Schaden bzw. Nutzen) diskutiert. Inzwischen hat sich weitgehend durchgesetzt, dass von Produktions- und individuellen Nutzeneinbussen ausgegangen werden kann (CANSIER, 1993, OECD, 1995). Abgestützt auf diese beiden Hauptkategorien können folgende Einordnungen und Unterscheidungen für mögliche Klimaänderungen vorgenommen werden (vergleiche Tabelle 4.1 als Übersicht):

1. Die Produktionswerte betreffen einmal den Kapitalstock bzw. die realen Vermögenswerte der Schweizer Volkswirtschaft. Im vorliegenden Kontext geht es um Ressourcen, welche durch klimabedingte Wetterlagen und Naturereignisse zusätzlich – d.h. aufgrund der Klimaerwärmung – beeinträchtigt oder zerstört werden können. Im Vordergrund stehen Gebäude, Fahrhabe und Infrastrukturen, die allenfalls in Mitleidenschaft gezogen werden und Produktionsmöglichkeiten der Volkswirtschaft einschränken. Eventuell sind auch Personen gefährdet. Ökonomisch betrachtet, kann von einer Beeinträchtigung der Nutzung des Humankapitals gesprochen werden. Was den Boden als weitere Kapitalstockkomponente betrifft, geht es primär um die land- und forstwirtschaftlichen Produktionsgrundlagen sowie um die Schädigung von Naturschutzgebieten und von Baugrund.

Tabelle 4.1: **Kategorien für die Schätzung der Schadenskosten**

Produktions- oder Marktwerte		Individuelle Werte	
Kapitalstock/ Vermögen (Ressourcen) (Bestandesgrösse)	**Wertschöpfung** (Flussgrössen)	**Nutzwerte** (use values)	**Intrinsische Werte** (Non-use values)
- Kapital (Gebäude, Infrastrukturen, Fahrhabe) - Humankapital (Arbeit) - Boden (Kulturland)	Volkseinkommen - Löhne - Kapitalerträge/ Gewinne Multiplikatoreffekte	Direkte und indirekte Nutzwerte für einzelne Individuen, z.B.: - Sicherheit - Wohlbefinden - Gesundheit	Optionswerte: - Zukünftige direkte und indirekte Werte Existenzwerte (altruistische Motive): - Vermächtniswunsch (bequest value) - Wohlergehen von Verwandten und Freunden - Sympathie für Menschen und Tiere - Verantwortungsgefühl für zukünftige Generationen

Quelle: Eigene Darstellung; abgestützt auf CANSIER (1995); OECD (1995)

2. Eine zweite Kostenkategorie beinhaltet die – potentiell gefährdete – jährliche Wertschöpfung: Das Einkommen der Haushalte und die Kapitalerträge der Unternehmen werden eventuell vermindert. Bei Unternehmen sind zudem Ertragsschmälerungen zu berücksichtigen, die etwa durch Betriebsausfälle oder Produktionsunterbrüche usw. eintreten können. Bei verminderten Einkommen sind weiter negative Multiplikatoreffekte (Einkommensverluste ziehen weitere Einkommens-einbussen nach sich) in Rechnung zu stellen.
3. Klimaänderungen und Naturkatastrophen können individuelle Nutzwerte (use values) direkt oder indirekt tangieren. Beispielsweise kann sich das Sicherheitsgefühl einzelner Bewohner einer Region vermindern (z.B. durch häufige Hochwasser). Temperaturerhöhungen verändern allenfalls das individuelle Wohlbefinden (z.B. durch zu heisse oder zu feuchte Sommer) und eventuell wird die Gesundheit beeinträchtigt.
4. Unter intrinsischen Werten (Non-use-values) werden einerseits die Optionswerte subsummiert: Darunter werden die Aussichten von Personen verstanden, zukünftig eine bestimmte Umwelt nutzen zu können, auch wenn heute noch unsicher ist, ob sie sie nutzen wollen. Man ist bereit, in der Gegenwart dafür zu bezahlen, dass ein Umweltmedium – etwa eine einzigartige Gletscherwelt – auch in Zukunft in einem bestimmten gewünschten Zustand erhalten bleibt. Der Opti-

onswert ist eine Risikoprämie für die Unsicherheit über irreversibel verlorene Nutzungsmöglichkeiten öffentlicher Umweltgüter (CANSIER, 1995, 83 ff.).
Existenzwerte beruhen andererseits darauf, dass bereits dem Wissen um die Existenz eines bestimmten Gutes – etwa der Biodiversität – ein positiver Wert beigemessen wird. Existenzwerte sind unabhängig von der gegenwärtigen und zukünftigen Nutzung einer Umweltressource durch die heutige Bevölkerung. Die Motive für dieses Interesse sind altruistisch (im Vordergrund steht z.B. Wohlergehen von Verwandten, Sympathie für Menschen und Tiere, Verantwortungsgefühl für zukünftige Generationen).
Existenzwerte können gerade bei einer Klimaerwärmung eine grosse Rolle spielen.

4.1.2 Methodische Tücken und Grenzen

Die vorliegenden Kostenschätzungen sind in mehrfacher Hinsicht limitiert. Die wichtigsten Probleme und Grenzen stellen sich wie folgt dar:

Konzentration auf Produktions- oder Marktwerte

Ausgehend von den festgestellten Auswirkungen der Klimaänderungen (Kapitel 3) werden die betroffenen Produktionswerte (z.B. Wertschöpfung Tourismus, Energie) oder existierende Schadenswerte (d. h. Einbussen des Kapitalstocks durch Hochwasser, Überschwemmungen; Stürme, Hagel) als potentiell ressourcenmindernde Elemente so gut als möglich erfasst: So liegen beispielsweise für den Tourismus gute Grundlagen über die Wertschöpfung vor. Für Überschwemmungen und Hochwasser wird auf die Schadenskosten der letzten Jahre zurückgegriffen, wie sie sich für die involvierten Versicherungen und in der Unwetterstatistik der WSL präsentieren.

In einem zweiten Schritt werden die betroffenen Produktionswerte bzw. die ausgewiesenen Schadenskosten in Relation zu den vermuteten Auswirkungen der Klimaänderungen gesetzt: Werden massive Auswirkungen (Schäden bzw. Nutzen) erwartet (vergleiche dazu ausführlich Tabelle 3.1, Kapitel 3), so wird von hohen Änderungen der Produktions- bzw. Schadenswerte ausgegangen. Geringe Auswirkungen durch Klimaänderungen werden weder die involvierten Ressourcen noch die Wertschöpfung namhaft beeinflussen.
Dieses methodische Vorgehen impliziert, dass der Relation der vermuteten Auswirkungen und den veränderten Produktionswerten bzw. den Schadenskosten eine zentrale Stellung zukommt. Die eingesetzten Faktoren sind zwangsläufig Annahmen, die zumindest zur Zeit nicht schlüssig bewiesen werden können. Es handelt sich also um arbiträre Schätzungen. Für das hier gewählte Schätzverfahren sind sie aber von ausschlaggebender Bedeutung. Die angenommenen Produktionswerte und Schadenswerte beruhen hingegen – zumindest für das gewählte Ausgangsjahr 1995 – auf zuverlässigen Daten.

Keine Berücksichtigung von individuellen Werten

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit konnten keine individuellen Werte (Tabelle 4.1: Use values, Non-use-values) evaluiert werden. Dies ist als klares Defizit zu betrachten, da gerade im Rahmen der Klimaänderungen sowohl die individuellen Nutzwerte wie auch die Optionswerte und die Existenzwerte eine zentrale Rolle spielen können. Es ist weiteren Forschungsarbeiten überlassen in diesem breiten Feld Fortschritte zu erzielen. Die notwendigen Methoden zur Erfassung der individuellen Werte stehen durchaus zur Verfügung (v.a. Analyse der Zahlungsbereitschaft). Wegen dieser Vernachlässigung der individuellen Werte ist tendenziell mit einer recht deutlichen Unterschätzung der Klimakosten zu rechnen.

Schätzung der potentiellen Schadenskosten – keine Konsumentenrenten

Die vorliegenden Kostenanalysen berechnen die Minderungen der Ressourcen und der Wertschöpfungseinbussen durch Klimaerwärmungen. Damit werden die potentiellen Schadenskosten erfasst. Es bleibt aber weitgehend eine offene Frage, wie die Nachfrage der Haushalte aufgrund der Ressourcen- und Wertschöpfungsausfälle reagiert: Fällt die Nachfrage ebenfalls gänzlich weg oder ist es möglich, dass sich die Nachfrage auf bisher ungenutzte Ressourcen oder Wertschöpfungspotentiale konzentriert und damit neue, bisher nicht realisierte Potentiale aktiviert bzw. realisiert werden? Es entsteht wohl ein echter volkswirtschaftlicher Verlust, eine Kompensation durch eine verlagerte oder neue Nachfrage kann aber nicht ausgeschlossen werden. Alles in allem ist es möglich, dass sich die Wertschöpfung nur teilweise vermindert. Eine Schätzung kann in der vorliegenden Studie nicht durchgeführt werden.
Die Fragen des Schadensverlusts und allfälliger Kompensationen durch eine verlagerte Nachfrage stellen sich vor allem beim Tourismus: Im Vordergrund stehen primär die potentiellen Wertschöpfungsverluste. Eine Schätzung der Nachfrageverlagerungen kann im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht vorgenommen werden.
Im Rahmen der Gesamtbilanz ist zu beachten, dass die Konsumentenrenten vernachlässigt werden: Bei einem Nachfragerückgang müsste nicht nur der Wertschöpfungsverlust, sondern auch die verminderte Konsumentenrente berücksichtigt werden (CANSIER, 1993, S. 86 ff.). Die potentiellen Schadenskosten durch Wertschöpfungsverluste werden ohne Beachtung der Konsumentenrenten unterschätzt. Allerdings ist es nicht möglich, die Konsumentenrenten bei einem Nachfragerückgang zu berechnen. Die Angebots- und Nachfragefunktionen müssten im Detail bekannt sein.

Kein Minimalkostenpfad:
Fehlende Optimierung der Schadens- und Vermeidungskosten

Abgestützt auf potentielle Ressourcen- oder Wertschöpfungsminderungen werden die Schadenskosten (bzw. Nutzen) geschätzt. Dieses Vorgehen lässt ausser Acht, dass die Einbussen durch Anpassungs- und Vermeidungsstrategien eventuell minimiert werden können.
Grundsätzlich ist für die verschiedenen Schadensbereiche (vergleiche Tabelle 4.2, 4.3) mit einer recht grossen Zahl von Anpassungs- und Vermeidungsstrategien zu rechnen. So können beispielsweise Hochwasser und Überschwemmungen durch raumplanerische Massnahmen verhindert werden, indem risikobehaftete Zonen –

allerdings auch mit Kostenfolgen für die öffentliche Hand und/oder Private – nicht besiedelt werden. Hochwasserschutzbauten können eventuell relativ kostengünstig drohende Schadenspotentiale reduzieren. Zur Behebung von Engpässen im Bereich Wasserversorgung können Sparstrategien und/oder ein Spitzenlastmanagement realisiert werden, was weniger kostet als drohende Schadenspotentiale durch Ausbauten der Wasserversorgung zu verhindern. Ähnliche Kostenminimierungen durch Effizienzstrategien sind beispielsweise im Energiebereich zu erwarten.

Tabelle 4.2: **Anpassungs- und Vermeidungsstrategien – exemplarisch**

Schadensbereiche	Anpassungs- und Vermeidungsmassnahmen – exemplarisch
Hochwasser/Überschwemmungen	Raumplanerische Massnahmen Schutzbauten
Trockenheit/Grundwasser/Wasserversorgung	Wassersparmassnahmen Spitzenlastenmanagement
Stürme/Hagel	Waldpflege (vermindert Sturmanfälligkeit) Verhaltensregeln bei Hagelgefahr (z.B. Schutz der Fahrhabe)
Energie	Effizienzsteigerungen: geringerer Energieverbrauch Vorsorgemassnahmen

Im Rahmen der vorliegenden Kostenschätzungen ist es nicht möglich, für die einzelnen Schadensbereiche den optimalen Minimalkostenpfad zu evaluieren und die entsprechenden Kosten zu schätzen. Es müssten – neben den potentiellen Kostenschätzungen – detaillierte Abklärungen über mögliche Anpassungs- und Vermeidungsstrategien erstellt und berechnet werden.
Bei den vorliegenden Schätzungen darf nicht übersehen werden, dass bereits getätigte Anpassungs- und Vermeidungsstrategien in die Schadenspotentialschätzungen einfliessen. Beispielsweise wären ohne Hochwasserschutz und die minimalen Raumplanungsmassnahmen die Hochwasserschäden, die als Ausgangswerte beigezogen werden, wesentlich höher. Diese Aufwendungen müssten als bereits getätigte Aufwendungen in Rechnung gestellt werden.

Die Bewertung der Anpassungs- und Vermeidungsmassnahmen wäre mit einigen Komplikationen verbunden: Im Prinzip müsste von den möglichen Kosten im Jahr 2030 bis 2050 ausgegangen werden. Technologische und organisatorische Fortschritte – und damit potentielle Kostenreduktionen – müssten berücksichtigt werden. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass Vermeidungsmassnahmen in Zukunft kostengünstiger sind. Eine realistische Abschätzung ist mit recht hohen Unsicherheiten verbunden.

Stellenwert und Ausmass des Wirtschaftswachstums:

Obwohl die zu bewertenden Schäden erst im Zeitraum 2030 bis 2050 oder später eintreten könnten, werden die Kostenschätzungen auf die Marktpreise des Jahres 1995 bezogen und mit dem Kapitalstock/Vermögen bzw. der Wertschöpfung in diesem Jahr verglichen. Diese Methode hat sich im Rahmen der Klimadebatte durchgesetzt (vergleiche dazu Kapitel 1). Es ist darauf hinzuweisen, dass damit Fragen und Probleme verbunden sind: Einerseits können die zukünftigen Klimaschäden bei hohem Wirtschaftswachstum relativ gering erscheinen. Anderseits werden bestimmte Güter wie zum Beispiel „Landschaft" oder „Naturschönheiten" bei hohem Wachstum besonders knapp. Für diese Güter müsste ein speziell hoher Preis eingesetzt werden.

Frage der Diskontierung der Schäden:

Der richtige Diskontsatz ist letztlich eine politische Frage. Je nach Höhe des Diskontsatzes variieren die Schadenskosten in erheblichem Ausmass. Gar nicht oder zu einem geringen Satz diskontiert, erscheinen die zukünftigen Schäden relativ hoch. Bei einem hohen Diskontsatz werden die Schäden marginalisiert.

Der Bezug der Schadenskosten auf das Jahr 1995 stellt eine Vereinfachung dar. Sie hat den Vorteil, dass die Resultate einigermassen transparent und überschaubar sind. Sie dürfen als Grundlage für die Beurteilung der Grössenordnung der möglichen Schadenskosten betrachtet werden. Die methodischen Implikationen dürfen aber nicht ausser Acht gelassen werden.

4.1.3 Die wichtigsten Ergebnisse

Tabelle 4.3: **Schadenskosten und Nutzen einer Klimaänderung – Bezugsjahr 1995, Klimaszenario NFP 31**

Schadens- und Nutzenbereiche	Marktkosten 1995 Ressourcen/Wertschöpfung in Mio. Fr. pro Jahr	Bemerkungen
Tourismus total	**- 1780 bis - 2280**	Wertschöpfungsverluste (v.a. Voralpen/Jura) Gletscherskifahren, Attraktivitätsverlust
- Wertschöpfungsverlust v.a. Voralpen/Jura	**- 1600 bis 2100**	Bruttowertschöpfung Wintersport 5.3 Mrd. Fr. Verlust ca.: -30% bis -40% des Wintersports
- Gletscherskifahren	**- 30**	Grobe Schätzung
- Attraktivitätsverlust	**- 150**	Wertschöpfungsverlust (-3% von 5 Mrd. Fr.)
- Gewinn durch Sommerfrische	+ 100	Sommertourismus Berge (+2% von 5 Mrd. Fr.)
Hochwasser/Überschwemmungen	**- 135 bis - 450**	WSL-Daten 1972-1996 für Unwetter Spannweite von +30% bis +100%
Trockenheit/Grundwasser/ Wasserversorgung	**- 200**	- Landwirtschaft: Ertragseinbussen falls keine Bewässerung - Zusatzinvestitionen in Wasserversorgung
Sommerstürme/Hagel/Winterstürme	**- 70 bis -110**	„Volkswirtschaftliche" Kosten für Sturmschäden und Hagel: +30% bis +50% im Klimaszenario
Wald Nicht standortgerecht	**Ca. - 50**	Annahme „warm trocken", Hochrechnung Biomasse +, Alpwirtschaft -, Schutzwirkung +
Höhere Waldgrenze	Ca. +10	
Landwirtschaft	**- 30 bis - 70**	Ertragseinbusse trotz CO2-Düngung, Vegetationszeit, Höhenlage
Biodiversität	-	Keine Grundlagen
Gesundheit	-	Kein Gefahrenpotential für die Schweiz
Energie Elektrizitätsproduktion	-	Abnahme Speicher-, Zunahme Flusskraftwerke
Energieverbrauch	+30	weniger heizen, mehr kühlen
Wanderungen/Flüchtlinge	**- 80**	Zunahme der Fürsorgekosten um 10%
Total Schäden/Verluste	**2'345 - 3'240**	
Nutzen/Gewinne	+ 140	
Anteil Schäden am BSP 1995 (378'000)	**0.8% bis 0.6%**	

Quelle: Eigene Berechnungen/Literaturhinweise in den Kapiteln 4.3 ff.

Legende:

- Kein nennenswertes Schadenspotential in Marktwerten
+ Mögliche Gewinne durch Klimaänderung

Fette Zahlen: Kosten/Verluste

Für den Tourismus wird insgesamt ein Wertschöpfungsverlust von -1'780 Millionen bis -2'280 Millionen Franken geschätzt (vergleiche Tabelle 4.3). Als Verlierer stehen vor allem die subalpinen Regionen und der Jura im Vordergrund. Verschiedene Regionen werden durch den Verlust des Wintersporttourismus hart getroffen (-1'600 bis -2'100 Millionen Franken).

Der Wegfall des Gletscherskifahrens und der Attraktivitätsverlust durch Gletscherschwund werden mit 180 Millionen Franken veranschlagt. Die relativ besseren klimatischen Verhältnisse in der Schweiz im Sommer (Sommerfrische) können – unter der Annahme, dass sich gleichzeitig in mediterranen Regionen das Klima für Ferien verschlechtert und Inseln sowie Küstenstreifen im Meer versinken – eine zusätzliche Wertschöpfung auslösen (+100 Millionen Franken).

Die Auswirkungen einer möglichen Nachfragesteigerung durch einen Verlagerungseffekt aus den voralpinen Regionen in hochalpine Gebiete werden nicht speziell bewertet, da die Effekte sehr unsicher sind.

Zahlreichere und grössere Hochwasser sowie Überschwemmungen verursachen voraussichtlich zusätzliche Kosten in der Grössenordnung von 135 bis 450 Millionen Franken pro Jahr. Die Schätzungen gehen von einer Hochrechnung bestehender Schadenskosten für Unwetterschäden bzw. Elementarschäden aus. Die Werte sind – aufgrund der ungewissen Eintretenswahrscheinlichkeit von Hochwasser und Überschwemmungen im Fall von Klimaänderungen – mit recht grossen Unsicherheiten verbunden.

Für die Bereiche

- Trockenheit, Grundwasser/Wasserversorgung
- Sommerstürme/Hagel, Winterstürme
- Wald
- Migration/Flüchtlinge

werden Schadenskosten in zwei- bis dreistelliger Millionenhöhe ausgewiesen. Sie können als recht bedeutungsvoll bezeichnet werden.

Die Landwirtschaft erleidet – trotz CO2-Düngungseffekt, der Verlängerung der Vegetationsperiode und der Verschiebung der Höhenlage nach oben – wegen sinkender Weltmarktpreise leichte Ertragseinbussen.

Für die „Energie" werden leichte Gewinne erwartet (+30 Millionen Franken): Der Minderverbrauch fürs Heizen im Winter ist grösser als der Mehrverbrauch fürs Kühlen im Sommer.

Für die „Biodiversität" werden keine Angaben gemacht, da für die Schweiz bisher keine Kostenschätzungen vorliegen, und im Rahmen dieser Arbeit keine entsprechenden Erhebungen möglich sind. Für die Gesundheit wird kein Schadenspotential vermutet.

Insgesamt werden Schadenskosten in der Höhe von zirka 2'300 bis 3'200 Millionen Franken ausgewiesen. Dies entspricht knapp einem Prozent des Bruttosozialproduktes 1995.

Die durchschnittlichen Schadenskosten betragen für die Schweiz bei dem unteren Wert von 2'300 Millionen Franken zirka 60.- Fr. pro Tonne CO2, bei 3'200 Millionen Franken sind es 80.- Fr. pro Tonne CO2.

Insgesamt sind die Kosten zurückhaltend bewertet worden: Es werden nur Kosten ausgewiesen, die – bei den getroffenen Annahmen – mit relativ grosser Sicherheit anfallen werden. Für die Beurteilung der Ergebnisse ist weiter zu beachten:

- Es werden nur Produktions- oder Marktkosten auf der Basis der Preise 1995 berücksichtigt.
- Individuelle Nutzwerte bleiben vollständig ausgeklammert. Für verschiedene Bereiche dürften diese recht erheblich sein. Es findet eine deutliche Unterschätzung der Kosten der Klimaänderungen statt.
- Es wird nicht mit Katastrophenszenarien gerechnet. Würden aufgrund der Klimaänderungen nachhaltige Grossereignisse eintreten, so müssten alleine die Marktkosten um ein Mehrfaches erhöht werden.
- Die Analyse erstreckt sich auf den Zeitraum 2030 bis 2050. Bei anhaltenden Treibhausgasemissionen ist es durchaus möglich, dass eine weit drastischere Erwärmung eintritt und die Schadenskosten dürften die ausgewiesenen Werte für den Zeitraum von 2030 bis 2050 um ein Mehrfaches übersteigen.

4.2 Tourismus

4.2.1 Verluste der existentiell bedrohten Wintersportregionen

Die Bruttowertschöpfung des Wintersporttourismus in der Schweiz beläuft sich auf zirka 5.3 Milliarden Franken. Gemäss Kapitel 3.3.1 müssen vor allem die subalpinen Skiorte und der Jura mit einem weitgehenden Ausfall des Wintersporttourismus rechnen. Die hochalpinen Stationen haben eventuell mit einer Einbusse aufgrund des Rückgangs der Schneedauer – auch bei einem forcierten Einsatz von Schneekanonen – zu rechnen.
Es wird angenommen, dass die Bruttowertschöpfung des Wintersports eine Einbusse von -30 bis -40 Prozent erleiden kann. Dies würde bedeuten, dass mit einem jährlichen Verlust von 1.6 bis 2.1 Milliarden Franken zu rechnen ist.

Tabelle 4.4: **Grundlagen: Wertschöpfungsverlust Wintersport in den Voralpen, Jura und kürzere Schneedauer alpin in Milliarden Franken**

Gästeaufkommen der Wintersportarten in der Schweiz (FIF, 1997)	Ca. 30 Mio. Tage
Durchschnittliche Tagesausgaben Winter (Schätzung Berner Oberland; inklusive Reisekosten 40%, davon ca. 60 % am Ferienort, Preisstand 1993/1994, RÜTTER et al., 1995, 1996)	Fr. 132.-
Durchschnittliche Tagesausgaben Winter (Schätzungen Berner Oberland, exklusive Reisekosten, Preisstand 1993/1994, RÜTTER, 1996, S.23)	Fr. 85.-
Direkter touristischer Umsatz Winter (Gästeaufkommen x Tagesausgaben, inkl. ca. 15% Verkehr am Ferienort: 100.- Fr.)	Ca. 3 Mrd. Fr.
Indirekter touristischer Umsatz (inkl. Vorleistungen und Investitionen, Berner Oberland 0.43, RÜTTER et al., 1996, S.46)	Ca. 4.3 Mrd. Fr.
Totaler indirekter touristischer Umsatz Winter (inkl. Einkommensmultiplikator von 0.22, RÜTTER et al., S. 46)	5.3 Mrd. Fr.
Verlust (Voralpen, Jura, kürzere Schneedauer alpin): 30% bis 40%	1.6 bis 2.1 Mrd. Fr.

Quelle: FIF/MÜLLER/STETTLER (1997), RÜTTER et al. (1995,1996), BFS, FREMDENVERKEHRSBILANZ, 1996; Eigene Schätzungen

Exkurs: Zur Schätzung der Bruttowertschöpfung Wintersporttourismus

Gemäss Angaben des Forschungsinstitutes für Freizeit und Tourismus (FIF) beträgt das Gästeaufkommen für die Wintersportarten (Skifahren, Snowboarden, Winterwandern etc.) ca. 30 Millionen Tage (Schätzung STETTLER, 1997). Dabei wird von ca. 100.- Franken Ausgaben pro Gast und Tag ausgegangen, wenn nur ein Teil der Reisekosten am Ferienort beachtet werden (d.h. dass An- und Abreise überhaupt nicht berücksichtigt werden [1]). Wird das Gästeaufkommen mit den durchschnittlichen Tagesausgaben multipliziert, so ergibt sich ein direkter touristischer Umsatz für den Wintersport von ca. 3 Milliarden Franken. Weiter ist ein Vorleistungs- und Investitionsmultiplikator zu beachten: Für das Berner Oberland wird er auf 0.43 geschätzt (RÜTTER et al., 1996, S. 46). Für den Berner Jura beträgt er 0.73. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass Vorleistungs- und Investitionsmultiplikator für den gesamten subalpinen Raum in der Grössenordnung des Wertes des Berner Juras liegt.

[1] Die Reisekosten im Rahmen des Wintertourismus könnten sehr wohl voll einbezogen werden: Es müsste mit durchschnittlichen Tagesausgaben von 132.- Franken (85.- Franken plus 40% Reisekosten) gerechnet werden. Folglich beläuft sich der direkte Umsatz für den Wintersporttourismus auf ca. 4 Milliarden Franken. Der totale Umsatz für Wintersporttourismus beträgt ca. 7 Milliarden Franken (inklusive Vorleistungs- und Investitions- sowie Einkommensmultiplikator).
Der totale Umsatz, der im Winter im Berggebiet insgesamt generiert wird, kann auf mindestens rund 10 Milliarden Franken geschätzt werden (Wintertourismus Berggebiet). Da bei einem teilweisen Ausfall des Wintersporttourismus die Mobilitätsausgaben weiterhin getätigt werden dürften, werden diese nur zu einem geringen Teil berücksichtigt.

Vorsichtshalber wird aber mit dem Wert von 0.43 gerechnet. Dies ergibt einen indirekten touristischen Umsatz von zirka 4.3 Milliarden Franken. Wird ein Einkommensmultiplikator von 0.22 (RÜTTER et al., 1996, S. 47) berücksichtigt, so beläuft sich der totale touristische Umsatz (direkt und indirekt) für Wintersport auf zirka 5.3 Milliarden Franken. Ausgehend von diesem Wert wird der Verlust (30 bis 40 Prozent) geschätzt, was zirka 1.6 bis 2.1 Milliarden Franken ergibt.

Weiter müssten – aufgrund des Nachfragerückgangs – die reduzierten Konsumenten- und Produzentenrenten berücksichtigt werden. Das fehlende Wissen über Nachfrage- und Angebotsfunktionen schliesst dies aber im vorliegenden Zusammenhang aus. Tendenziell müssten die Wertschöpfungsverluste um einiges höher angesetzt werden.

4.2.2 Verkürzung der Wintersaison – Zusatzeinnahmen?

In den Skiorten über 1500 Meter ü.M. wird mit einer verkürzten Schneedauer gerechnet (vergleiche dazu Kapitel 3.3.1). Es kann allerdings davon ausgegangen werden, dass mittels grossflächig eingesetzter Schneekanonen und der Erschließung höhergelegener Skigebiete ein weitgehender Ausgleich für die verkürzte Schneeperiode geschaffen wird. Für die zusätzlichen Investitions- und Unterhaltskosten für Schneekanonen liegen zur Zeit keine Angaben vor. Bezogen auf den Gesamtumsatz der Transportanlagen dürften sie wenige Prozent ausmachen.

Qualitativ höherwertige Bahnerschliessungen – Gondelbahnen statt schneeabhängige Skilifte – sollen keine wesentlichen Zusatzkosten auslösen, da sie im Rahmen des natürlichen Investitionszyklus erstellt werden (THEUSS, 1996). Allfällige Mehrkosten (z.B. höherer technischer Standard) würden ohnehin anfallen. Es wäre nicht sinnvoll, sie dem Konto Klimaerwärmung anzulasten.

Teilweise wird sogar vermutet, dass höher gelegene Wintersportgebiete zu zusätzlichen Einnahmen gelangen könnten, da sie von einer gesteigerten Nachfrage aus tiefer gelegenen Gebieten aus der Schweiz und dem Ausland profitieren. Kurzfristig werden sich derartige Effekte allenfallls einstellen. Längerfristig dürfte aber die Nachfrage nach Wintersportaktivitäten eher stagnieren, da der fehlende Schnee im Mittelland das Bedürfnis nach Wintersport eher reduziert.

Entscheidender ist aber, dass in den verbleibenden Gunstlagen mit grosser Wahrscheinlichkeit Bremsfaktoren wirken werden:

- Es wird sich – gemäss Klimaszenario in Kapitel 3.3.1 – eine Konzentration auf noch weniger Spitzentage mit guten Schneeverhältnissen einstellen. Eine zusätzliche Nachfrage kann nicht grenzenlos absorbiert werden. Ein Ausbau der Kapazitäten ist aus finanziellen und vor allem raumplanerischen Gründen nicht beliebig machbar.
- Durch die Ausscheidung zusätzlicher Gefahrenzonen wegen drohender Naturkatastrophen werden die Bau- und Sportmöglichkeiten limitiert. Die räumliche Konzentration führt zu steigenden Preisen. Die Nachfrage nach Wintertourismus wird tendenziell gedämpft.

Insgesamt gehen wir für die Wintersportorte im hochalpinen Raum aufgrund einer allfälligen Nachfrageverlagerung von keinen wesentlichen Verlusten bzw. Gewinnen aus.

4.2.3 Rückgang der Gletscher: Gletscherskifahren – Attraktivitätsverlust

Das Gletscherskifahren ist bereits in den letzten Jahren zurückgegangen. Die verbleibenden Gebiete werden mit einer Erwärmung ebenfalls wegfallen (vergleiche dazu Kapitel 3.3.2). Der Wertschöpfungsverlust wird mit zirka 30 Millionen Franken veranschlagt.

Der Gletscherschwund führt zu einem bedeutenden Attraktivitätsverlust: Der Schweizer Alpentourismus ist emotional eng mit der Gletscherwelt verbunden. Ohne Gletscher kann das Image des schweizerischen Tourismus relativ stark in Mitleidenschaft gezogen werden. Die Natur wird nicht mehr als intakt wahrgenommen. Wanderungen und Gletschertouren verlieren an Attraktivität. Näherungsweise kann von einem Rückgang der Wertschöpfung – bei einem Umsatz des Sommertourismus im Berggebiet von 5 Milliarden Franken (Einnahmen Fremdenverkehr 1995 total 20.3 Milliarden Franken, Bundesamt für Statistik, 1996, S. 14) – um zirka 3 Prozent oder zirka 150 Millionen Franken ausgegangen werden. Die Plausibilität dieses Wertes kann allerdings nicht belegt werden. Es handelt sich um eine erste grobe Schätzung. Mit einiger Sicherheit kann einzig gesagt werden, dass eine Einbusse der Wertschöpfung im Sommer stattfinden kann, also effektiv mit einem Verlust gerechnet werden muss. Wieviele Prozent es aber sein werden, ist schwer zu sagen.

Mit dieser Schätzung wird einzig versucht, die potentiellen Wertschöpfungsverluste zu beziffern. Mögliche Options- und Existenzwerte (Kapitel 4.1.2), die im Fall eines weitgehenden Verlustes der Schweizer Gletscherwelt erheblich sein dürften, werden nicht erfasst.

4.2.4 Substitution der Verluste?

Vielfach wird argumentiert, dass nach Klimaänderungen der Attraktivitätsverlust des Wintersports durch andere Aktivitäten oder auch durch Innovationen (z.B. Rutschbahnen, Hängegleiter) wettgemacht werden kann (THEUSS, 1996; ABEGG, 1996): Die Klimaänderungen müssten Anlass zu einem Innovationsschub sein. Eine derartige Strategie kann sehr wohl Erfolg haben, und gewisse Einbussen können zumindest teilweise kompensiert werden.

Im Rahmen einer volkswirtschaftlichen Bewertung der Schadenskosten der Klimaänderungen ist diese Argumentation allerdings problematisch: Es wird übersehen, dass ein Wertschöpfungspotential (Wintersporttourismus) effektiv verlorengeht. Die Ergänzungs- und Substitutionsmärkte könnten auch ohne Klimaänderung grösstenteils ausgeschöpft werden. Es handelt sich somit zum Teil um ein heute brachliegendes Wachstumspotential, das nicht realisiert wird. Die Wertschöpfungseinbussen nach Klimaänderungen sollten deshalb nicht mit möglichen Wachstumspotentialen

aufgerechnet werden. Die Abnahme der Schneedecken führt zu echten volkswirtschaftlichen Verlusten.

Wohin geht die Kaufkraft?

Mit dem Ausfall eines Teils des Wintersports kommt eine vorhandene Kaufkraft nicht zum Zuge. Somit stellt sich die Frage, wie dieses Kaufkraftpotential verwendet wird. Grundsätzlich bestehen die Möglichkeiten, dass das Geld zusätzlich gespart wird oder weiterhin konsumwirksam ist. Im zweiten Fall ist es möglich, dass die Kaufkraft binnenwirksam bleibt (Tourismus, aber auch andere Branchen) oder ins Ausland abfliesst. Allenfalls nimmt die effektive Wertschöpfung durch eine mögliche Kaufkraftverlagerung wiederum zu. Es wird darauf verzichtet, über mögliche Größenordnungen zu spekulieren. Es muss aber betont werden, dass es sich beim Wertschöpfungsverlust des Wintersporttourismus um potentielle Schadenskosten handelt. Eine Gesamtbilanz (Konsumenten-, Produzentenrenten, Spar- und/oder Nachfrageeffekte) kann nicht vorgenommen werden.

4.2.5 Bergtourismus im Sommer auf der Gewinnerseite?

Gewinne aufgrund der Klimaänderung können allenfalls entstehen, wenn die Schweiz, insbesondere das Berggebiet, vermehrt aufgesucht wird, weil andere Destinationen weniger attraktiv (z.B. wegen zu grosser Hitze) oder nicht mehr bereisbar sind (z.B. Inseln in geringer Höhe wie die Malediven oder zahlreiche Küstengebiete auf der ganzen Welt). So wird im Rahmen von EU-Studien (1992) für die nördlichen Länder ein Wachstum des Tourismus von +2 Prozent angenommen. Auf die Schweiz übertragen würde für den Bergtourismus ein Umsatzplus von 100 Millionen Franken im Sommer resultieren (mehr Sommerfrische).

Fazit

Der Wintersporttourismus kann vor allem in den voralpinen Regionen und im Jura hart getroffen werden. Einzelne Regionen werden existentiell bedroht. Im alpinen Raum verkürzt sich eventuell die Schneedauer. Insgesamt entsteht ein echter volkswirtschaftlicher Verlust. Tiefgreifende Umstrukturierungen müssen bewältigt werden, wenn die potentiellen Schadenseinbussen zumindest teilweise wettgemacht werden sollen.

Die hochalpinen Regionen werden mit grosser Wahrscheinlichkeit weniger hart getroffen. Monetär positive (u.a. höhere Nachfrage) und negative Effekte (u.a. ev. kürzere Schneedecke, höhere Investitionskosten) dürften sich in etwa die Waage halten. Grössere Schwankungen der touristischen Nachfrage sind allerdings nicht ausgeschlossen. Die Ausschöpfung des Wintersportpotentials muss sich noch stärker auf relativ wenige Monate bzw. Tage konzentrieren.

Damit in den höheren alpinen Lagen keine oder nur geringe Wertschöpfungsverluste eintreten, dürften zusätzliche Eingriffe in bisher unberührte Landschaften unvermeidlich sein. Es müssten weitere grossräumige Erschliessungen (inklusive Beschneiungsanlagen) realisiert werden.

Options- und Existenzwerte können im Rahmen der vorliegenden Studie nicht geschätzt werden. Der Verlust der Schneedecke in tieferen Lagen und vor allem der Gletscherwelt dürfte zumindest bei Teilen der Bevölkerung als beträchtliche Einbussen konstatiert werden.

4.3 Hochwasser und Überschwemmungen

Hochwasser und Überschwemmungen gehören in der Schweiz bereits heute zu den gewichtigsten Naturkatastrophen. Es ist möglich, dass Klimaänderungen zu einer Zunahme der Hochwasser und Überschwemmungen führen.
Dabei ist von einer Verkettung verschiedener Einflussfaktoren auszugehen, die in unterschiedlichen Kombinationen auftreten können: Vermehrte Starkniederschläge, Rückzug der Gletscher mit der Freilegung von Schuttmaterial, Abnahme des Permafrostes, Schwächung der Wälder etc. Kumulative Prozesse sind wahrscheinlich. Es kann von einer Syndrombildung gesprochen werden, die als Ausgangslage für die Schadenskostenschätzung dient (vergleiche dazu ausführlicher Kapitel 3.3 ff.).
Die bisherigen Kosten für Hochwasser und Überschwemmungen und die Beurteilung der zukünftigen Entwicklung können verschiedenen Quellen entnommen werden.

4.3.1 Unwetterschäden: Die Daten der WSL

RÖTHLISBERGER von der Eidg. Forschungsanstalt Wald, Schnee und Landschaft (WSL) erhebt seit 1972 naturbedingte Wasser- und Rutschungsschäden als Folge von Gewittern, von Dauerregen und der Schneeschmelze (Unwetterschäden). Dabei beinhalten die Schadensschätzungen die versicherten Sach- und Personenschäden und die nicht versicherten bzw. nicht versicherbaren Elementarschäden. Neben den privaten Vermögenswerten (Gebäude und Fahrhabe) werden auch die Infrastrukturen der öffentlichen Hand einbezogen.

Tabelle 4.5 zeigt die Schadenskosten der Unwetterschäden in der Schweiz von 1972 bis 1996. Für diesen Zeitraum werden total 4'565 Millionen Franken ausgewiesen. Es handelt sich um Nominalwerte für die entsprechenden Jahre. Der Wert auf den Preisstand des Jahres 1995 hochgerechnet (Inflation und Baukostenteuerung) ergibt für die Periode 1972 bis 1995 5'700 Millionen Franken [2].

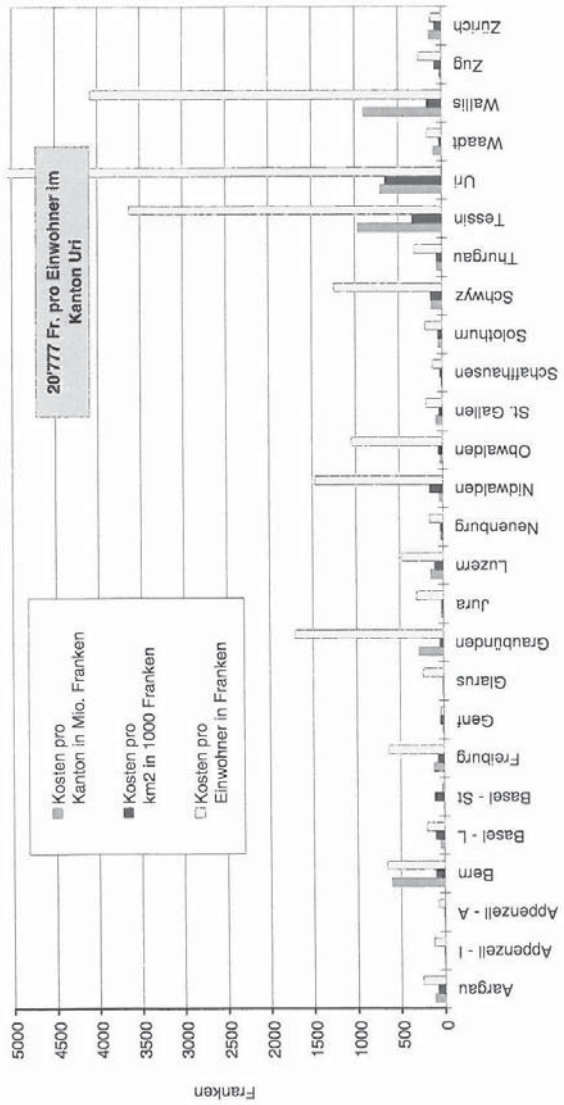
[2] Für die Hochrechnung der erhobenen Jahreswerte in aktuelle Preise auf das Jahr 1995 kann der Zürcher Baukostenindex beigezogen werden: Basis 1939 = 100%; 1972 = 421.20%; 1995 = 874.10%. Die jährlichen Schadenssummen sind von der WSL übernommen worden.

Tabelle 4.5: **Unwetterschäden in der Schweiz 1972 - 1996:**
Schadensumme bzw. -kosten der letzten 25 Jahre nach Kantonen, Kantonsgrösse (km2) und Einwohnern

Kanton	Kosten pro Kanton (geschätztes Mittel in Mio. Fr.)	Grösse Kantonsgebiet (km2)	Kosten pro km2 (Mio. Fr.)	Einwohner 1980 (Anzahl)	Kosten pro Einwohner in Franken
Aargau	115.0	1404	0.08	453'442	254.-
Appenzell – I	1.6	172	0.01	12'844	125.-
Appenzell – A	3.3	243	0.01	47'611	69.-
Bern	602.0	6'049	0.10	912'022	660.-
Basel – L	44.0	428	0.10	219'822	200.-
Basel – St	4.2	37	0.11	203'915	21.-
Freiburg	117.0	1'670	0.07	185'246	632.-
Genf	12.0	282	0.04	349'040	34.-
Glarus	8.6	685	0.01	36'718	234.-
Graubünden	282.0	**7'106**	0.04	164'641	1713.-
Jura	20.0	837	0.02	64'986	308.-
Luzern	142.0	1'492	0.10	296'159	479.-
Neuenburg	24.0	797	0.03	158'368	152.-
Nidwalden	42.0	276	0.15	28'617	1468.-
Obwalden	27.0	491	0.05	25'865	1044.-
St. Gallen	73.0	2'014	0.04	391'995	186.-
Schaffhausen	8.0	298	0.03	69'413	115.-
Solothurn	43.0	791	0.05	218'102	197.-
Schwyz	121.0	908	0.13	97'354	1243.-
Thurgau	58.0	1'013	0.06	183'795	316.-
Tessin	**964.0**	2'811	0.34	265'899	3625.-
Uri	704.0	1'076	**0.65**	33'883	**20777.-**
Waadt	92.0	3'219	0.03	528'747	174.-
Wallis	894.0	5'226	0.17	218'707	4088.-
Zug	20.0	239	0.08	75'930	263.-
Zürich	143.0	1'729	0.08	1'122'839	127.-
Schweiz	**4564.7**	**41'293**	**0.11**	**6'365'960**	**717.-**
Schweiz indexiert	**5700**				

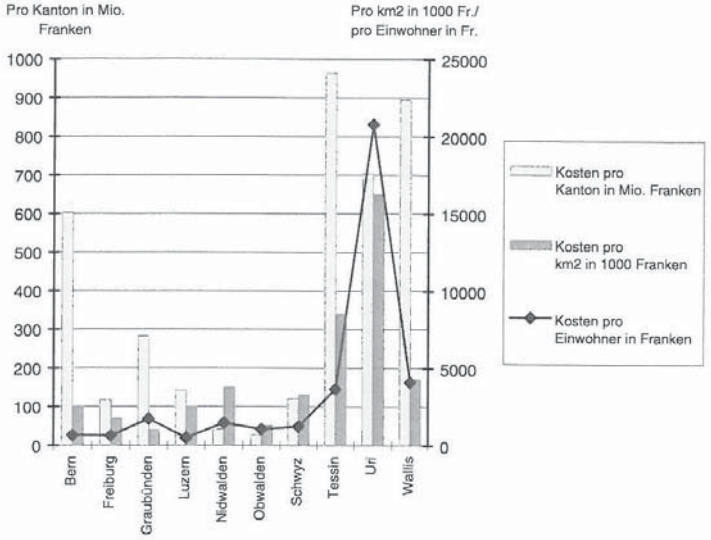
Quelle: RÖTHLISBERGER, 1997

Abb. 4.1: **Unwetterschäden in der Schweiz 1972 bis 1996**



Quelle: RÖTHLISBERGER, 1997

Abb. 4.2: **Unwetterschäden in der Schweiz 1972 bis 1996**
Ausgewählte Kantone



Quelle: RÖTHLISBERGER, 1997

Weiter ist zu beachten, dass im Lauf der Zeit die besiedelte Fläche stark gewachsen ist und damit die potentiell gefährdeten Gebäude und Infrastrukturen zugenommen haben. Insbesondere sind vermehrt Gebiete überbaut worden, die ein erhöhtes Katastrophenrisiko aufweisen. Die von RÖTHLISBERGER erfassten Schadensereignisse hätten beim Gebäude- und Infrastrukturbestand des Jahres 1995 weit höhere Schadenssummen zur Folge. Die Werte für Gebäude und Infrastrukturen haben sich im Durchschnitt ungefähr verdoppelt. Das gesamte Schadenspotential beträgt in Preisen des Jahres 1995 damit rund 11'400 Millionen Franken (2x5'700 Millionen Franken). Dies entspricht einer durchschnittlichen – fiktiven – Schadenssumme von zirka 450 Millionen Franken pro Jahr (Bezugsbasis 1995).

Massive regionale Unterschiede

Die Unwetterschäden pro km2 betragen 0.11 Millionen Franken, und pro Einwohner werden 717.- Franken für die letzten 25 Jahre ausgewiesen.

Die Daten von RÖTHLISBERGER zeigen bei den Unwetter-Schadenskosten massive regionale Unterschiede: Im Kanton Uri sind für die Dauer von 1972 bis 1996 die

Höchstwerte von knapp 21'000 Franken pro Einwohner festgestellt worden. Es folgen die Bergkantone Wallis (4'088 Franken pro Kopf), Tessin (3'625 Franken), Graubünden (1'713 Franken). Am geringsten sind die Schadenskosten für die beiden Stadt-Kantone Basel (21 Franken) und Genf (34 Franken). Anschliessend folgen Schaffhausen (115 Franken) und der Kanton Appenzell Ausserrhoden (69 Franken).

Die Entwicklung der Schadenskostenberechnung von RÖTHLISBERGER zeigt für die letzten 25 Jahre eine klare Zunahme (RÖTHLISBERGER, 1995, S.10). Dabei führt RÖTHLISBERGER die steigenden Schadenskosten explizit nicht auf Klimaänderungen zurück. Vielmehr sieht er als entscheidende Gründe die massiv gestiegene Siedlungsfläche mit einem grösseren Bauvolumen und ausgedehnteren Infrastrukturen, welche im Vergleich mit früher viel mehr wert sind. Zudem sind Gebiete besiedelt worden, die im Prinzip als potentielle Katastrophengebiete gelten.

Fazit und Beurteilung der Daten von RÖTHLISBERGER

Der Wert von 450 Millionen Franken kann als realistischer Ausgangswert für die durchschnittlichen jährlichen Schadenskosten des Syndroms „Hochwasser und Überschwemmungen" betrachtet werden. Dieser Wert ist wegen des gewachsenen Gebäude- und Infrastrukturbestands sowie der Inflation und der Baukostenteuerung auf das Jahr 1995 aufdatiert worden.

In den Daten von RÖTHLISBERGER sind die Toten (pro Jahr 2) und Verletzten nicht monetär berücksichtigt worden. Bei einer Million Franken Humankapital-Kosten – was nicht mit dem „Wert" eines Toten identisch ist – ergeben sich zusätzlich 4 Millionen Franken pro Jahr. Ebenfalls sind die zukünftigen Produktionsverluste bei zerstörten Vermögenswerten (z.B. Produktionsmittel der Industrie oder Agrarland) nicht einbezogen worden.

Zudem fehlen Multiplikatoreffekte: In einem Schadensfall stellt sich vorerst ein negativer Multiplikator ein. Der Verlust an Wertschöpfung in Teilbereichen vergrössert den Gesamtverlust um einen Faktor von zirka 1.3.
Im Rahmen der Sanierung eines Schadensfalls ist aus regionaler Optik auch ein positiver Multiplikator in annähernder Grössenordnung zu beachten, wenn Versicherungsleistungen und öffentliche Gelder in eine Region fliessen. Ein erheblicher Einkommens- und Arbeitsplatzgenerator wird in Gang gesetzt. Insgesamt dürften sich die Multiplikatoreffekte aufheben, wenn die verursachten Schäden mit den bezahlten Schadenskosten in etwa deckungsgleich sind.
Für einzelne Branchen kann sogar ein positiver Effekt eintreten: Während die gesamte Wirtschaft eher den Verlierern zu zurechnen ist (z.B. ungedeckte Einbussen an Vermögen sowie Produktionsausfälle), dürfte die Baubranche als Hauptbeteiligte an der Sanierung zu den Gewinnern gehören. Diese Struktureffekte lassen sich nicht generell abschätzen. Für einen Schadensfall lassen sie sich ex post sehr wohl beurteilen.

Die Daten von RÖTHLISBERGER beinhalten keine Options- und Existenzwerte wie

- Psychische Angst vor weiteren Bedrohungen;
- Verlust an Heimat bei Katastrophenfällen;
- Verlust von unersetzlichen wertvollen Gegenständen und Objekten;
- Stress und psychische Belastung nach einer Katastrophe.

Diese Werte spielen erwiesenermassen (ZIMMERMANN et al., 1996) eine recht grosse Rolle. Bisher liegen allerdings keine monetären Schätzungen vor, die in die Schadenskostenrechnung einbezogen werden können. Es dürfte sich um mindestens zweistellige Millionenbeträge pro Jahr handeln.

Tabelle 4.6: **Übersicht über Daten zu Überschwemmungen und Hochwasser** (Unwetter- und Elementarschäden) in Millionen Franken bzw. Franken

	RÖTHLIS-BERGER	Elementar-Schaden-Pool ES-Pool	Kantonale Gebäude-versicherungen - VKF	KATANOS Inklusive Aversion
Unwetter-, bzw. Hochwasser-schäden 1972–1996, bzw. 1995, bzw. pro Jahr	4'565 Mio. Fr.	1'313 Mio. Fr.	487 Mio. Fr.	1'300 Mio. Fr. pro Jahr
Nominalwert 1995	Ca. 5'400 Mio. Fr.	2'200 Mio. Fr.		
Wertbasis 1995: Fiktiver Wert gemäss Gebäudebestand 1995	Ca.11'400 Mio. Fr.			
Maximum: Uri in Fr.	Fr. 21'000.- pro Kopf			
Minimum: BS in Fr.	Fr. 21.-			
Total Elementarschäden 1972 – 1995		2'500 Mio. Fr.	2'000 Mio. Fr.	15'000 Mio. Fr. Inklusive Erdbeben (7'000 Mio. Fr.)

Quelle: RÖTHLISBERGER, ES-POOL, VKF, KATANOS, ZGV, eigene Schätzungen

4.3.2 Elementarschäden: Die Leistungen der Versicherungen

Ausgestaltung der Elementarschadensversicherungen

Zur Deckung von Elementarschäden bestehen in der Schweiz zwei institutionelle Arrangements:

1. **VKF-Kantone: Verband kantonaler Feuerversicherungen (VKF)**

   In 19 Kantonen werden die Elementarschäden im Rahmen des kantonalen Gebäudeversicherungsmonopols gedeckt. Es besteht ein Fonds, der ab bestimmten Schwellenwerten als Rückversicherung beansprucht werden kann. Bevor der Rückversicherungsmechanismus in Funktion tritt, müssen die einzelnen kantonalen Versicherungen erhebliche Leistungen selber erbringen. Es besteht ein gewisser Anreiz, die Schadenskosten möglichst gering zu halten.
   Wegen des Monopols haben die kantonalen Versicherungen praktisch keine Akquisitionskosten zu leisten. Solange das Monopol besteht, geht die Kundschaft nicht verloren.
   Die kantonalen Gebäudeversicherungen verfügen über eine grosse Tradition in der Schadensbegrenzung bzw. der Schadensprävention. So werden im Bereich Feuer direkt und indirekt hohe Aufwendungen getätigt. Bezüglich Naturkatastrophen werden etwa Aufgaben im Bereich Raumplanung übernommen, indem Zonenpläne auf Katastrophengefährdungen überprüft werden. Die Schadensprävention soll in den nächsten Jahren ausgebaut werden. Der vermehrte Einbezug von emissionsmindernden Massnahmen im Treibhausbereich wird als Option gesehen.

2. **Elementarschaden-Pool (ES-Pool)-Kantone**

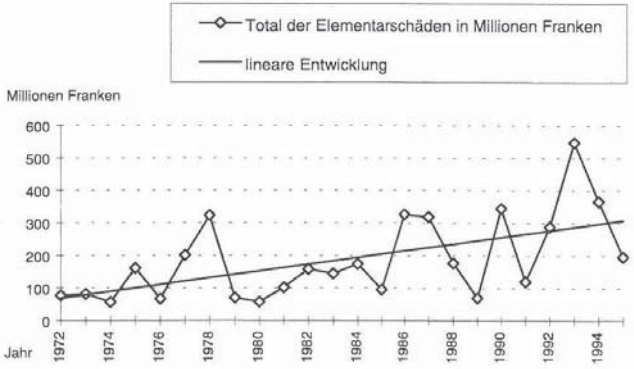
   In 7 Kantonen besteht kein Versicherungsmonopol. Insgesamt 26 private Versicherungen teilen sich den Gebäudeversicherungsmarkt auf.
   Die Elementarschäden müssen gemäss Versicherungsaufsichtsgesetz (VAG) vom 23. Juni 1978 im Rahmen der Feuerversicherung ebenfalls versichert werden.
   Zur Risikoabdeckung ist ein Elementarschadens-Pool (ES-Pool) geschaffen worden, der von den meisten privaten Versicherungen gespiesen wird. Je nach Tätigkeitsgebiet – Berggebiet oder Mittelland – sind dabei die Bezüge sehr unterschiedlich. Die privaten Versicherungen lassen sich in Nettobezüger und Nettozahler einteilen. Für grössere Versicherungen können Nettozahlungen von 30 bis 50 Millionen Franken pro Jahr entstehen. Durch die Liberalisierung der Versicherungsmärkte und dem daraus folgenden erhöhten Wettbewerbsdruck könnte dieser Ausgleich unter den privaten Versicherungen vermehrt in Frage gestellt werden.
   Es kommt hinzu, dass sich private Versicherungen – im Vergleich mit kantonalen Monopol-Versicherungen – stärker marktorientiert verhalten müssen. Für sie ist u.a. eine konsequente Absatzpolitik mit wirksamem Marketing eine Überlebensfrage. Der intensivere Wettbewerb sorgt dafür, dass zusätzliche Marktanteile nur schwierig zu erkämpfen sind. Das kann etwa zur Folge haben, dass Kunden im Schadensfall möglichst kulant bedient werden, denn so können unter Umständen sogar neue Kunden gewonnen werden. Im Übrigen ist es im

Fall von Elementarschäden, die in der Regel nicht sehr hoch sind und nur teilweise aus der eigenen Kasse bezahlt werden müssen, für Versicherungen kein Problem, ihre Kunden grosszügig zu behandeln. So wird bei den Kunden die Empfindlichkeit bezüglich Schadensfällen tendenziell geschärft, und es kann sich eine gewisse Anspruchshaltung einstellen. Diese Mentalität kann sowohl bei kleinen wie auch grossen Schadensfällen überhand nehmen.

Die Entwicklung der Elementarschäden

Tabelle 4.7 (siehe Anhang A-4) zeigt die ausbezahlten Leistungen für Elementarschäden der Mitglieder des VKF und des ES-Pool (indexierte Werte). Seit 1972 bis 1995 sind insgesamt 4'500 Millionen Franken für Elementarschäden ausbezahlt worden. Der ES-Pool leistete 2'500 Millionen Franken und der VKF 2'000 Millionen Franken.

Abb. 4.3: **Elementarschäden in der Schweiz 1972 bis 1995**

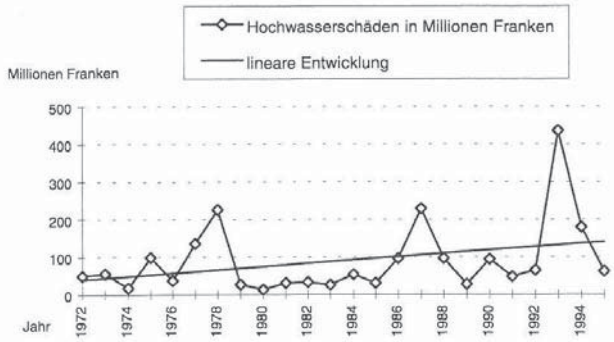


Quelle: VKF, ES-Pool

Insgesamt werden sechs Elementarschadenskategorien unterschieden: Hochwasser, Sturmwind, Hagel, Lawinen, Felssturz und Schneedruck. Im Vergleich mit RÖTHLISBERGER werden somit weitere Elementarschäden einbezogen. Dabei werden jeweils nur die versicherten Risiken abgedeckt.

Die gewichtigsten Elementarschäden sind Hochwasser (Total 2'200 Millionen Franken, indexiert 1995), Sturmwind (1'200 Millionen Franken) und Hagel (660 Millionen Franken) (vergleiche Tabelle 4.7 im Anhang A-4). Sie machen knapp 90 Prozent aller Elementarschäden aus. Die restlichen 10 Prozent werden durch Lawinen, Felssturz und Schneedruck verursacht. Ausser den Lawinenschäden haben in den letzten Jahren alle Kategorien stark zugenommen.

Abb. 4.4: **Hochwasserschäden in der Schweiz 1972 bis 1995**



Quelle: VFK, ES-Pool

Steigender Schadenssatz als Alarmzeichen

Für die Beurteilung des Schadenverlaufs kann der Schadenssatz beigezogen werden. Die entsprechenden Daten finden sich in Tabelle 4.8 und – grafisch dargestellt – in Abbildung 4.5/4.6. Beim Schadenssatz handelt es sich um den Anteil des Schadensaufwands (in Millionen Franken) gemessen an der versicherten Summe von Gebäuden und Fahrhabe (in Milliarden Franken). Der Schadenssatz wird in Promillen ausgedrückt.

Es zeigt sich, dass sich die Versicherungssummen beim VKF von 1972 bis 1995 vervierfacht haben. Beim ES-Pool ist seit 1980 bis 1995 eine Verdoppelung eingetreten. Für die Zeit vor 1980 stehen für den ES-Pool keine Daten zur Verfügung.

Noch stärker sind die Schadensaufwendungen gestiegen, so dass sich ein steigender Schadenssatz für die Periode 1972 bis 1995 ergibt:

Für den VKF ergibt eine Regressionsschätzung einen Anstieg von 0.05 Promille auf 0.12 Promille für die Jahre 1972 bzw. 1995. Für den ES-Pool kann für die gleichen Jahre ein theoretischer Wert von -0.02 Promille auf +0.24 Promille geschätzt werden. Die Werte für den Schadenssatz und die lineare Verknüpfung sind in den Abbildungen 4.5 bzw. 4.6 dargestellt.
Mit anderen Worten: Es kann festgestellt werden, dass der VFK auf eine Milliarde Franken Versicherungssumme im Jahre 1972 50'000 Franken ausbezahlen musste. Im Jahre 1995 waren es bereits 120'000 Franken.

Beim ES-Pool beträgt die Zunahme von – theoretisch – Minus 20'000 Franken auf Plus 240'000 Franken. Für die Zeitperiode von 1980 auf 1995 ergibt sich ein Anstieg

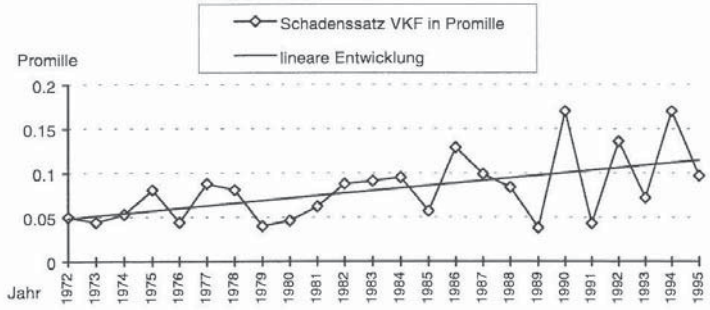
von +90'000 Franken auf 240'000 Franken Schadenszahlung je Milliarde Versicherungswert.

Tabelle 4.8: **Entwicklung Schadenssatz der Versicherungen**

Jahr	VKF			ES-Pool		
	Versicherungs-summen in Mrd. Fr.	Schadens-aufwand in Mio. Fr.	Schadens-satz in Promille	Versicherungs-summen in Mrd. Fr.	Schadens-aufwand in Mio. Fr.	Schadens-satz in Promille
1972	347	17.01	0.050	Keine Angaben		
1973	402	17.51	0.044			
1974	444	23.42	0.053			
1975	484	39.24	0.081			
1976	484	21.17	0.044			
1977	487	43.01	0.088			
1978	501	40.7	0.081			
1979	540	21.55	0.040			
1980	573	26.26	0.046	416	15.32	0.037
1981	646	40.25	0.062	446	36.70	0.082
1982	723	63.42	0.088	478	63.39	0.132
1983	766	69.93	0.091	508	42.15	0.083
1984	785	74.65	0.095	535	60.62	0.113
1985	804	46.01	0.057	558	29.69	0.053
1986	843	108.91	0.129	584	159.33	0.273
1987	881	87.51	0.099	620	180.70	0.291
1988	931	78.34	0.084	655	77.53	0.118
1989	1019	39	0.038	688	26.13	0.038
1990	1091	185.31	0.170	728	161.83	0.222
1991	1213	52.4	0.043	769	75.48	0.098
1992	1269	172.79	0.136	822	122.56	0.149
1993	1318	94.7	0.072	849	468.27	0.551
1994	1333	227.03	0.170	863	148.7	0.172
1995	1367	132.89	0.097	874	101.1	0.116

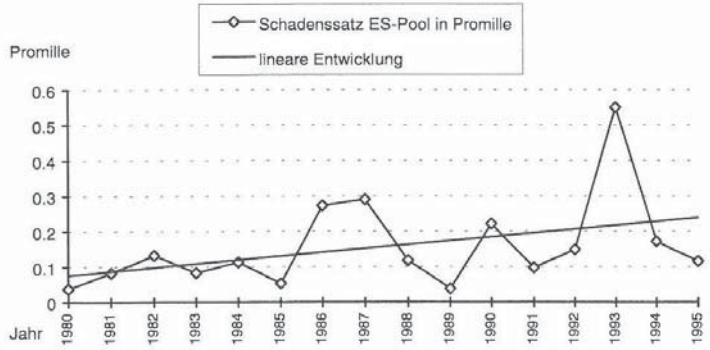
Quelle: VKF, ES-Pool, eigene Berechnungen

Abb. 4.5: **Entwicklung des Schadenssatzes VKF**



Quelle: VKF, eigene Schätzungen

Abb. 4.6: **Entwicklung des Schadenssatzes ES-Pool**



Quelle: ES-Pool, eigene Schätzungen

Steigender Schadenssatz: Mögliche Interpretationen

1. Der massiv gestiegene Schadenssatz ist recht besorgniserregend. Allerdings wäre es unzulässig, den Anstieg auf die Klimaentwicklung der letzten 25 Jahre zurückzuführen. Immerhin kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Erwärmung in den letzten 25 Jahren zu vermehrten Schäden geführt hat. Eine zwingende Aussage in diese Richtung kann aber nicht gemacht werden. Es müssen weitere Gründe gesucht werden.

2. Die Praxis der Auszahlung von Schäden und die Höhe der Versicherungssumme können ebenfalls einen Einfluss auf den Schadenssatz haben: Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass in den letzten Jahren bei Schadensfällen eine grosszügigere Praxis zum Zuge gekommen ist. Vor allem können erhöhte Empfindlichkeiten sowie erhöhte Ansprüche an Versicherungsleistungen nicht ausgeschlossen werden.
   Höhere Versicherungswerte bei gleichgebliebenen Werten für Gebäude und Fahrhabe hätten tendenziell einen dämpfenden Effekt auf den Schadenssatz. Welche Tendenzen in den letzten Jahren tatsächlich stattgefunden haben, kann aufgrund der vorliegenden Daten nicht gesagt werden. Es wird vermutet, dass der Einfluss von Bewertung und Auszahlungspraxis relativ gering oder sogar vernachlässigbar ist. Die Gründe müssen somit in der Siedlungs- und/oder in der Klimaentwicklung gesucht werden.

3. Bemerkenswert ist der deutlich höhere Schadenssatz des ES-Pool gegenüber dem VKF. Gemäss Trendschätzung sind es für das Jahr 1995 0.24 Promille für den ES-Pool zu 0.12 Promille des VFK. Die doppelt so hohen Leistungen des ES-Pool haben primär mit dem Tätigkeitsgebiet zu tun. So ist ein Teil der privaten Versicherungen stark in den katastrophenbedrohten Berggebieten tätig. Zu erwähnen sind die Kantone Tessin, Wallis, Uri, Obwalden und Schwyz. Inklusive den ES-Pool-Kantonen Genf und Appenzell-I mit einem sehr geringen Schadenspotential weisen sie gemäss RÖTHLISBERGER (vergleiche Tabelle 4.3) eine weit überdurchschnittliche Pro-Kopf-Belastung von 2'446 Franken aus. Die Belastung liegt um das Dreifache über dem schweizerischen Durchschnitt von 717 Franken. Die geschätzten Schadenskosten der ES-Pool Kantone betragen bei 1.003 Millionen Einwohnern (Stand 1980) 2.714 Milliarden Franken [3].

4. Allerdings darf die Gefahr eines gewissen Zirkelschlusses im Rahmen obiger Argumentation nicht übersehen werden: Die Daten von RÖTHLISBERGER beruhen zu einem rechten Teil auf den Aufwendungen der Versicherungen (ca. 40%). Sind diese hoch, so sind auch die gesamten Schadenskosten hoch. Es kann also nicht ganz ausgeschlossen werden, dass mit überhöhten Schadensleistungen argumentiert wird, die allenfalls aus Markt- und Konkurrenzgründen vom ES-Pool eingefordert werden. Möglicherweise haben die privaten Versicherungen aus absatzpolitischen Gründen und Marketingüberlegungen teilweise relativ höhere Versicherungsleistungen ausbezahlt. Klare Belege lassen sich für diese Aussage nicht finden, die für die Versicherungen geltenden Marktmechanismen erscheinen aber plausibel.
   Für die VKF-Kantone kommt hinzu, dass sie im Vergleich zu den ES-Pool-Kantonen höhere durchschnittliche Gebäudewerte aufweisen (Auskunft des VFK). Die Gründe hierzu sind unklar. Die Folge davon ist aber, dass der Schadenssatz unter diesen Voraussetzungen bei den ES-Pool-Kantonen höher liegt. Insgesamt sind dennoch deutliche Indizien vorhanden, dass die hohen ES-Pool-Kosten primär mit dem katastrophengefährdeten Tätigkeitsgebiet zu tun haben.

[3] Der Pro-Kopf-Schaden ist nur ein beschränkt taugliches Mass für die Risikounterschiede, da insbesondere in den Bergkantonen die Bevölkerungszahlen im Vergleich zum vorhandenen Versicherungskapital (u.a. wegen Zweitwohnungen) relativ gering sind (Auskunft VFK). Die „Verzerrung" darf aber nicht überschätzt werden.

5. Die Unwetterkosten von RÖTHLISBERGER (5'700 Millionen Franken) sind verglichen mit den Hochwasser-Schäden des VKF und des ES-Pool (2'200 Millionen Franken, Preisstand 1995) knapp 2.5 mal so hoch. Dies zeigt, dass von den Versicherungen nur ein Teil der gesamten Kosten eingeschlossen werden.

6. Aus einsichtigen Gründen werden von den Versicherungen weder Options- noch Existenzwerte berücksichtigt: Die Versicherungen arbeiten auf dem Markt und es kann nicht – solange dies nicht nachgefragt wird – ihre Aufgabe sein, individuelle Nutzwerte zu erfassen, die nicht direkt marktrelevant sind.

4.3.3 Exkurs: Die ZGV- und Katanos-Daten

Im Auftrag der Zentralstelle für Gesamtverteidigung (ZGV) ist eine umfassende Risikoanalyse für die Schweiz (RiA-Bericht Nr. 1/94) erarbeitet worden. Es wird ein breites Spektrum von Risiken untersucht: Wirtschaftskrise, Krise im politischen System, kriegerische Ereignisse etc. Im vorliegenden Zusammenhang sind die Naturkatastrophen und der Treibhauseffekt von Interesse. Ohne auf Details einzugehen, werden in Tabelle 4.9 die wichtigsten Daten präsentiert.

Tabelle 4.9: **Risiken für die Schweiz gemäss Studie ZGV**

	Risiko- oder Schadensbereiche			
Schadens-szenario	**Bevölkerung:** - Tote (T) - Verletzte (V) - Bedürftige (B) - Evakuierte (E)	**Wirtschaft:** Sachschaden in Mio. bzw. Mrd. Franken	**Umwelt:** Geschädigte Lebensgrundlagen in km2	**Eintretens-wahrscheinlich-keit**
Trockenheit/ Hitze	- 100 (T) - 400 (V) - 5'000 (B) - 0 (E)	250 Mio. Fr.	1'000 km2	0.001 pro Jahr
Hochwasser	- 30 (T) - 60 (V) - 0 (B) - 5'000 (E)	1'000 Mio. Fr.	50 km2	0.01 pro Jahr
Treibhaus-effekt	- 300 (T) - 3'000 (Kranke) - 20'000 (B) - 20'000 (E)	10 Mrd. Fr.	2'000 km2	Hinweis auf IPCC

Quelle: KATANOS-BERICHT/ZENTRALSTELLE FÜR GESAMTVERTEIDIGUNG (ZGV), 1995

Die Daten geben einen allgemeinen Eindruck zu möglichen Grossrisiken. Sie sind nicht sehr detailliert aufgearbeitet worden. Insgesamt wird für Grossereignisse ein grosses Schadenspotential signalisiert.

KATANOS-Bericht

Aufbauend auf den Daten der ZGV wurde eine vergleichende Übersicht über Katastrophen und Notlagen in der Schweiz erstellt (KATANOS-BERICHT, 1995). In dieser Studie werden Naturgefahren (Erdbeben, Hochwasser etc.) sowie zivilisationsbedingte Gefahren (technische Gefahren wie KKW-Störfall, Chemie-Störfall, gesellschaftliche Gefahren wie Migration und Epidemien) erfasst.

In einem ersten Schritt wird der Schadenserwartungswert für alle untersuchten Katastrophen und Notlagen mit 1.6 Milliarden Franken ausgewiesen (Preisstand 1993). Darin sind alle definierten Schadensarten, von Personenschäden über geschädigte Lebensgrundlagen bis zu den Sachschäden, enthalten (KATANOS, 1995, S. 13).
Für alltäglich zu erwartende Schäden werden 4.6 Milliarden eingesetzt. Insgesamt wird ein Schadenspotential von 6.2 Milliarden Franken angenommen. Für Naturkatastrophen alleine sind es knapp 2 Milliarden Franken. Das Hochwasser soll einen statistischen Erwartungswert von 230 Millionen Franken aufweisen.

In einem zweiten Schritt wird eine Bewertung des Schadenspotentials mit katastrophalem Charakter präsentiert, indem die Risikoaversion[4] einbezogen wird: Das gesamte jährliche Schadenspotential erhöht sich auf 24 Milliarden Franken. Die Naturkatastrophen werden dabei mit ca. 15 Milliarden Franken bewertet. Rund die Hälfte werden den Erdbeben (zirka 7 Milliarden Franken) zugewiesen.

Für Hochwasser sollen es zirka 1.3 Milliarden Franken sein (vergleiche Tabelle 4.10): Bei diesem Wert ist entscheidend, dass grössräumige Hochwasserereignisse mit 400 Millionen Franken ausgewiesen werden (Eintretenswahrscheinlichkeit 0.2/Jahr) und mit einem Aversionsfaktor von drei multipliziert werden. Die lokalen, regionalen und überregionalen Hochwasserereignisse werden kostenmässig wesentlich tiefer geschätzt und mit dem Aversionsfaktor 1 versehen. Für die Gesamtbewertung werden für eine getötete Person eine Million Franken eingesetzt. Für eine evakuierte Person sind es 10'000 Franken.

[4] Als Risikoaversion wird die Einstellung der Bevölkerung zu Ereignissen mit einem gewissen Gefahrenpotential bezeichnet. Katanos hat die Risikoaversion in grober Annäherung geschätzt. Es bestehen keine empirischen Untersuchungen zur Risikoaversion bei Naturkatastrophen.

Tabelle 4.10: **Bewertung der Hochwasser gemäss Katanos**

Szenarium	Schadens-ausmass	Eintretenswahr-scheinlichkeit	Aversions-faktor	Empfundenes Schadensmass
I Lokales Hochwasserereignis	1 Mio. Fr.	50/Jahr	1	1 Mio. Fr.
II Regionales Hochwasserereignis	10 Mio. Fr.	4/Jahr	1	10 Mio. Fr.
III Überregionales Hochwasserereignis	1 Person tot	1/Jahr	1	1 Person
	25 Evakuierte		1	25 Evakuierte
	60 Mio. Fr.		1	60 Mio. Fr.
IV Grossräumiges Hochwasserereignis	5 Personen tot	0.2/Jahr	1	5 Personen
	500 Evakuierte		1	500 Evakuierte
	400 Mio. Fr.		3	1'200 Mio. Fr.

Quelle: BUNDESAMT FÜR ZIVILSCHUTZ, Risikokataster Schweiz, Dok Nr. 9313, 1993, S. 14.

Beurteilung der Katanos-Daten

1. Zu tiefer Mittelwert

Ohne Einbezug der Risikoaversionsfaktoren wird der statistische Erwartungswert für „Hochwasser" mit 230 Millionen Franken ausgewiesen. Die Berechnung erfolgt mit den Schadensausmassen und der Eintretenswahrscheinlichkeit, wie sie in Tabelle 4.10 ausgewiesen sind (das heisst: 50 + 40 + 60 + 80 Millionen Franken). Der Wert stützt sich auf die Daten von RÖTHLISBERGER und die privaten Elementarversicherungen – ohne die öffentlichen Gebäudeversicherungen – ab:
Die Daten von RÖTHLISBERGER werden für die Jahre 1972 bis 1988, nicht aber für 1989 bis 1996 beigezogen; von den privaten Elementarversicherungen werden die Daten von 1964 bis 1986 auf den Preisstand 1993 hochgerechnet (BUNDESAMT FÜR ZIVILSCHUTZ, Risikokataster Schweiz, Dok Nr. 9313, 1993, S. 5). Die zusätzlichen Bauvolumen und das grössere Schadenspotential aufgrund der Siedlungsentwicklung werden nicht berücksichtigt.
Insgesamt darf der Schluss gezogen werden, dass die Katanos-Zahlen eher zu tief liegen und keine gewichtigen Einwände gegenüber dem geschätzten Schadenspotential von 450 Millionen Franken gemäss Kapitel 4.4.1 vorgebracht werden können.

2. Nutzen der Schadensklassen im Klimafall?

Die Einteilung in Schadensklassen ist von einigem Interesse. Abgestützt auf die Daten von RÖTHLISBERGER sind sie plausibel. Im Hinblick auf zukünftige Schadensereignisse lässt sich aber die Eintretenswahrscheinlichkeit einzelner Schadensklassen nur schwerlich erfassen. Im vorliegenden Zusammenhang darf davon ausge-

gangen werden, dass in der Zuordnung zu Schadensklassen kein zusätzlicher Erkenntnisgewinn liegt.

3. Empirisch wenig abgesicherte Aversionsfaktoren

Die Annahme von Aversionsfaktoren ist grundsätzlich zu begrüssen: So ist gegenüber Naturkatastrophen eine spezifische Aversion zu erwarten. Vorderhand liegen aber keinerlei empirische Werte vor. Es ist eine offene Frage, welche Aversionsfaktoren für einzelne Schadensklassen eingesetzt werden sollen. Für Betroffene dürfte die Aversion gegenüber Hochwasser auch bei kleinen Schadensfällen gross sein. Aus dieser Sicht lässt sich kaum eine Differenz für bestimmte Schadensklassen begründen.
Im vorliegenden Zusammenhang wird deshalb verzichtet – höchst unsichere – Aversionsfaktoren zu berücksichtigen. In jedem Fall würden sich Werte ergeben, die um einiges über den angenommenen 450 Millionen Franken liegen.

4.3.4 Risiken von Morgen: Schätzungen der Versicherungen

Im folgenden werden drei spezifische Schätzungen für mögliche Hochwasser und Überschwemmungen präsentiert, wie sie von Versicherungsgesellschaften für Einzelereignisse erstellt worden sind. Die Schätzungen tragen zu einer besseren Eingrenzung möglicher Schadenskosten bei.

1. Überschwemmungskatastrophe St.Galler Rheintal: HAUSMANN (SCHWEIZER RÜCK, 1996) berechnet für acht Gemeinden des St. Galler Rheintals (Altstätten bis Au mit 43'000 Einwohnern) das Schadenspotential einer Überschwemmungskatastrophe, wie sie sich im letzten Jahrhundert mehrfach eingestellt hat.
Der versicherte Wert wird für die Haushalte, das Gewerbe und die Industrie mit 13'880 Millionen Franken ausgewiesen (322'000 Franken pro Kopf). Im Katastrophenfall könnten von diesem Wert 62 Prozent betroffen werden. Davon wird ein Schadensgrad von 20 Prozent angenommen. Dieser Prozentsatz ist anhand der Unwetterkatastrophen in Uri (1987) und Brig (1993) validiert worden. Als Szenarioschaden verbleiben somit 1'748 Millionen Franken.

Die Berechnung zeigt, dass bei einem Katastrophenfall sehr hohe Werte auf dem Spiel stehen. Zudem ist zu berücksichtigen, dass die Schäden an den öffentlichen Infrastrukturen nicht einbezogen wurden. Bei einem plausiblen Faktor von 2.5 (vergleiche Kapitel 4.4.1), ergeben sich pro Ereignis Schadenskosten von 4'370 Millionen Franken.

2. FAWER (1995) berechnet für Basel die Auswirkungen eines Hochwasserstandes, der über dem Stand vom 19. Mai 1994 liegt: Es werden 160 Gebäude am rechten Rheinufer tangiert. Der gesamte Versicherungsbestand beträgt rund 250 Millionen Franken. Bei einem Hochwasserstand im Sommer würden die Schäden 5-10 Prozent des Versicherungswertes oder zirka 12 - 25 Millionen Franken betragen. Für den Winter werden 10 - 25 Prozent oder zirka 25 - 60 Millionen Franken erwartet.

3. STEFFEN (SCHWEIZERISCHER SACHVERSICHERUNGSVERBAND SSV, 1995) geht für Luzern von einem Hochwasser aus, wie es sich im Juni 1910 ereignete. Er gelangt dabei zu einer Schadenssumme von 120 Millionen Franken.

Tabelle 4.11: **Hochwasserschäden – Schätzungen der Versicherungen in Millionen Franken**

Quelle	Schadenssumme in Mio. Fr.
HAUSMANN/SCHWEIZER RÜCK	Versicherungswert: 13'880 Mio. Fr. Pro Kopf: 0.322 Mio. Fr. Betroffen: 62% Schadensgrad: 20% Total Schadenswert: 1'748 Mio. Fr.
FAWER/Gebäudeversicherung Basel	Sommer: 12 bis 25 Mio. Fr. Winter: 25 bis 60 Mio. Fr.
STEFFEN – SSV	120 Mio. Fr.

4.3.5 Schlussfolgerungen und Schätzung der potentiellen Schadenskosten für Hochwasser und Überschwemmungen

In den letzten Jahren haben die Kosten für Elementarschäden insgesamt stark zugenommen. Starke Zunahmen sind hauptsächlich bei Hochwasser, Sturm und Hagel zu verzeichnen. Sie machen knapp 90 Prozent aller Elementarschäden gemäss Versicherungswerten aus.

Ursachen dafür sind vor allem Siedlungsdruck und Nutzung stärker katastrophengefährdeter Gebiete. Allenfalls ist auch ein verändertes Klima mitverantwortlich. Eindeutige Schlüsse können aber aufgrund der Datenlage nicht gezogen werden. Ebenso kann aber das Klima als Mitursache für die analysierte Kostenentwicklung nicht einfach ausgeschlossen werden.

Hingegen ist die Bedeutung des wachsenden Gebäudebestandes für die Zunahme der Schadenskosten zumindest zu relativieren, wenn nicht gar zu verwerfen: Der steigende Schadenssatz zeigt, dass die Schadenskosten stärker gestiegen sind als der Versicherungswert der Gebäude und Fahrhabe. Die Zunahme ist bedeutsam, und sie gibt Grund zur Sorge.

Die Aufwendungen für Schneedruck- und Lawinenschäden sind rückläufig. Das kann auf vermehrte Schutz- und Sicherheitsmassnahmen, eventuell aber auch auf die Erwärmung der letzten Jahre zurückgeführt werden.
Die Kosten für Elementarschäden fallen regional sehr unterschiedlich an. Bei kostendeckenden Prämien müssten einige Regionen massive Erhöhungen in Kauf nehmen.

Inwiefern die verordnete Solidarität in den kommenden Jahren beibehalten werden kann, ist eine offene Frage.

Aufgrund der vorhandenen Datenlage gehen wir von durchschnittlich 450 Millionen Franken Schadenskosten pro Jahr für das Syndrom „Hochwasser und Überschwemmungen" aus. Damit werden nur die direkten Kosten ausgewiesen, jedoch keine Options- und Existenzwerte berücksichtigt. Hierfür liegen keine Schätzungen vor, aber eine Erhöhung des Ausgangswertes von 450 Millionen Franken in mindestens zweistelliger Millionenhöhe kann nicht ausgeschlossen werden.

Wie sind zukünftige Klimaeinflüsse zu gewichten?

Wie im Kapitel 3 gezeigt wird, sind nach einer Erwärmung zunehmende Hochwasser und Überschwemmungen zu erwarten. Das Schadensausmass und vor allem auch die Eintretenswahrscheinlichkeit sind aber recht ungewiss. Als Näherungswert gehen wir davon aus, dass sich aufgrund der Klimaerwärmung die ausgewiesenen Schadenskosten von 450 Millionen Franken in einer Spannbreite von +30 bis +100 Prozent erhöhen können. Die klimabedingten zusätzlichen Schadenskosten können mit 135 bis 450 Millionen Franken in Rechnung gestellt werden.

Es muss ausdrücklich darauf hingewiesen werden, dass es sich bei diesen Werten um Schätzungen handelt, die nicht belegt werden können. Indem für zusätzliche Schadenskosten eine Spannbreite angegeben wird, wird in einer groben Annäherung der Versuch unternommen, die im Kapitel 3.3 aufgeführten Schadenspotentiale zu monetarisieren. Die Schätzung der Spannbreite von 30 bis 100 Prozent ist zur Zeit als spekulativ zu bezeichnen. Diese Werte sind als mögliche Grössenordnungen zu verstehen, die eintreten könnten, wenn nach Klimaänderungen effektiv vermehrt bzw. stärker Hochwasser und Überschwemmungen stattfänden.

Die Schätzungen beziehen keine individuellen Nutzwerte ein. Für entsprechende Aussagen ist die empirische Basis nicht vorhanden. Deswegen sollten sie aber keineswegs vernachlässigt oder gar unterschätzt werden. Es ist nicht auszuschliessen, dass ihr Einbezug zu wesentlich höheren Schadenskosten führen würde.

4.4 Trockenheit – Grundwasser – Wasserversorgung

Im Sommer ist nach einer Klimaerwärmung mit erhöhter Trockenheit und mit Wassermangel zu rechnen (vergleiche dazu Kapitel 3.3.7).

4.4.1 Ex-post-Analyse der Trockensommer 1947, 1949, 1976

Wie sich dies in der Schweiz auswirken kann, ist von SCHORER (1992) ex-post erstmals analysiert worden. Er untersuchte die extremen Trockensommer der Jahre 1947, 1949 und 1976, die dem Klimaszenario des NFP 31 entsprechen bzw. dieses teilweise sogar übertreffen. Allerdings blieben die trockenen Sommer 1947, 1949 und 1976 singuläre Ereignisse. So war der Sommer 1948 übermässig feucht. Eine Abfolge von trockenen Sommern – mit kurzen heftigen Niederschlägen – über mehrere Jahre hinweg kann bisher nicht beobachtet und damit auch nicht analysiert werden. Die Resultate von SCHORER stellen aber trotzdem einen aufschlussreichen Einstieg in die Problematik „Trockenheit" dar.

Einfluss auf die Landwirtschaft

SCHORER stellt fest, dass die landwirtschaftlichen Kulturen nur in einem relativ beschränkten Ausmass Schaden genommen haben. Am stärksten waren das Rauhfutter (Heu und Emd) von der Bodentrockenheit betroffen. Beim Getreide wurde die Reifephase teilweise sogar positiv unterstützt, und es konnten überdurchschnittliche Erträge erwirtschaftet werden. Die Kartoffelernte konnte im heissen und trockenen Sommer 1976 durch intensive Bewässerung in einigen Regionen zumindest gehalten werden.

Für das Jahr 1947 schätzt SCHORER für die Landwirtschaft einen Einkommensverlust von 700 bis 1'100 Millionen Franken (Preisstand 1991). Für 1949 sind es 6.7 Millionen Franken und für das Jahr 1976 119 Millionen Franken (Preisstand 1991). Die hohen Verluste im Jahre 1947 werden auf die speziell trockenen Verhältnisse und vor allem auf geringe Anpassungsfähigkeit zurückgeführt. In den folgenden Trockensommern reagierten die Bauern wesentlich flexibler: Bessere Bewässerung, vermehrte Futtertransporte, Verlegen des Viehs in relativ feuchte Zonen. Für die Schadenskosten spielt die Fähigkeit zur Anpassung somit eine zentrale Rolle.

Auswirkungen auf die Wasserversorgung

In der Wasserversorgung für Haushalte, Industrie und Gewerbe kam es vor allem in kleinen Gemeinden, die ausschliesslich auf Quellwasser eingestellt sind, zu Engpässen. Zudem stieg der Wasserkonsum in Trockenperioden enorm. Durch Verbrauchseinschränkungen und Verbote konnte ein eigentlicher Wassernotstand verhindert werden. Das Verbot der Wässerung der privaten Gärten stellte sich als besonders wirksam heraus. Ein flexibles Wassermanagement mit Verbundleitungen verschiedener Wasserregionen erwies sich ebenfalls als grosser Vorteil.

Teilweise gab es Einbussen bei der Wasserqualität, da sich bei geringerem Wasserstand – vor allem in Bächen und kleinen Flüssen – die vorhandene Schmutzfracht weniger rasch abbauen konnte. Die entsprechenden Gefahren sind von SCHORER nicht quantifiziert worden. Die Fauna und Flora erholte sich in den folgenden Jahren – bei teilweise überdurchschnittlichem Wasserstand – rasch wieder.

Einfluss auf die Stromproduktion

Die Stromproduktion wurde ebenfalls beeinträchtigt: Vor allem im Jahr 1976 fand ein Produktionseinbruch von 34 Prozent statt. In den Jahren 1947 und 1949 wurden drohende Engpässe durch Stromrationierungen (bei Beleuchtung, Warmwasseraufbereitung, Raumheizung) begegnet. Zudem hielt das verstärkte Gletscherschmelzwasser – gemäss SCHORER kam es zu einem eigentlichen Raubbau an den Gletschern – einen Produktionseinbruch in Grenzen. Im Jahr 1976 wurde vermehrt Strom importiert – allerdings zu überdurchschnittlich hohen Preisen.

4.4.2 Zusatzinvestitionen in die Wasserversorgung

Die Ergebnisse von SCHORER können nicht direkt auf die Klimasituation 2030 bis 2050 gemäss NFP 31 übertragen werden: Wir gehen davon aus, dass sich trockene Sommer – mit kurzen heftigen Gewittern – über mehrere Jahre einstellen können (vergleiche dazu Kapitel 3.3.7). Damit steigt der Wasserbedarf erheblich. Entscheidend ist, wie mit zusätzlichen Sparanstrengungen und dem Ausbau des Wasserversorgungssystems reagiert wird. Dies ist in der wasserreichen Schweiz – im Gegensatz zu vielen anderen Ländern und Regionen – durchaus möglich: Um den Standard der Wasserversorgung vor der Klimaerwärmung zu halten, müssen in den Kapitalbestand „Wasserversorgung" Zusatzinvestitionen getätigt werden. Andernfalls entsteht ein Vermögensverlust, der sich auf die Wertschöpfung der Wirtschaft und die Wohlfahrt der Haushalte negativ auswirkt. Die Schadenskosten können somit weitgehend mit den notwendigen Zusatzinvestitionen in die Wasserversorgung erfasst werden.

Für die entsprechenden Berechnungen wird von den verfügbaren Daten für die Wasserversorgung des Kantons Zürich ausgegangen: Die Wiederbeschaffungswerte betragen 11 Milliarden Franken. Es kann angenommen werden, dass sich der Wiederbeschaffungswert für die Schweiz schätzungsweise auf das Siebenfache beläuft[5], das heisst auf zirka 77 Milliarden Franken. Bei vermehrter Trockenheit über mehrere Jahre hinweg und geringeren Grundwasservorkommen bzw. grösseren Schwankungen der Grundwasservorkommen müssen

- die Leitungen (zusätzliche Ringleitungen für einen Wasserausgleich),
- die Reservoire (grössere Reservehaltung und vermehrter Konsum) und
- die Anlagen (Aufbereitung, Fassungen, Pumpen)

ausgebaut werden.

[5] Die Multiplikation mit 7 wird auf das Bevölkerungsverhältnis Schweiz/Kanton Zürich abgestützt. Es wird nicht mit dem Faktor 6 gerechnet, da der Kanton Zürich im schweizerischen Vergleich über bevorzugte Wasservorkommen verfügt.

Erhöhter Wiederbeschaffungswert als zentrale Annahme

Es wird von einer Erhöhung des Wiederbeschaffungswertes von +30 Prozent für diese Vermögen ausgegangen. Dabei stellt dieser Wert für die Monetarisierung der zusätzlichen Kosten im Rahmen des Klimaszenario des NFP 31 die zentrale – und am wenigsten gestützte – Annahme dar. Der Wert von 30 Prozent kann nicht schlüssig bewiesen werden. Es muss ausdrücklich betont werden, dass es sich um eine Schätzung handelt. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass der Wert nur 10 Prozent, aber eventuell sogar 50 und mehr Prozent beträgt. Es darf vermutet werden, dass mit 30 Prozent eine relativ glaubwürdige Schätzung vorliegt.

Insgesamt erhöht sich der Wiederbeschaffungswert für die Schweiz – unter der Annahme einer 30prozentigen Steigerung – um 23.1 Milliarden Franken. Bei einer Amortisation von 8 Prozent (Verzinsung 5 Prozent, 3 Prozent für Substanzerhaltung) sind jährliche Zusatzaufwendungen von 185 Millionen Franken nötig. Zusätzliche Betriebskosten können als gering eingestuft werden. Dafür werden 15 Millionen Franken in Rechnung gestellt.
Insgesamt ergibt sich für die Sicherstellung der Wasserversorgung im Klimaszenario des NFP 31 ein Zusatzaufwand von jährlich 200 Millionen Franken.

Tabelle 4.12: **Wiederbeschaffungswert und Zusatzaufwand für die Wasserversorgung im Klimaszenario NFP 31**

Infrastrukturen Wasserversorgung Kanton Zürich	Leitungen 8400 km	Reservoire 630'000 m3	Anlagen für Aufbereitung Fassungen Pumpen	Total Wiederbeschaffungswert
Wiederbeschaffungswert der Infrastrukturen für Kanton Zürich in Mrd. Fr.	7.7	0.9	2.4	11
Schweiz: Wiederbeschaffungswert Geschätzt: Kanton Zürich mal Faktor 7	53.9	6.3	16.8	77
Zusatzinvestition				
- in Prozent	+30%	+30%	+30%	+30%
- in Mrd. Fr.	16.2	1.9	5.0	23.1
gemäss Klimaszenario NFP 31				
Zusatzkosten				
- Zins/Amortisation 8% pro Jahr				185 Mio. Fr.
- Unterhalt				15 Mio. Fr.
Total				**200 Mio. Fr.**

Quelle: Kanton Zürich: WÜEST&PARTNER (1996. S.12)
Schweiz: Eigene Schätzungen

Fazit

Mit dem Ausbau der Wasserversorgung können durch Trockenheit verursachte Einbussen in der Landwirtschaft in Grenzen gehalten werden. In Teilregionen werden Intensivkulturen sogar attraktiver.

Für die Haushalte und die Wirtschaft sind dank zusätzlichen Investitionen kaum Einbussen zu erwarten: Auch eine erhöhte Wassernachfrage kann bei höheren Sommertemperaturen und geringeren Grundwasservorkommen abgedeckt werden. Allerdings ist mit zusätzlichen Aufwendungen in der Grössenordnung von 200 Millionen Franken pro Jahr zu rechnen, um den gleichen Standard wie vor einer Klimaerwärmung zu halten und einen allfälligen Mehrverbrauch zu decken.

Weitere Auswirkungen können nicht ausgeschlossen werden: z.B. eine verminderte Wasserqualität sowie Einflüsse auf die Fauna (z.B. reduzierte Fischbestände) und Flora (ev. Verlust der Biodiversität). Dazu liegen aber keine Daten vor. In der vorliegenden Studie können sie nicht geschätzt werden. Empfindliche Einbussen können hingegen nicht ausgeschlossen werden.

Die möglichen Auswirkungen auf die Elektrizitätswirtschaft werden im Kapitel 4.9 behandelt.

4.5 Sommer- und Winterstürme, Hagel

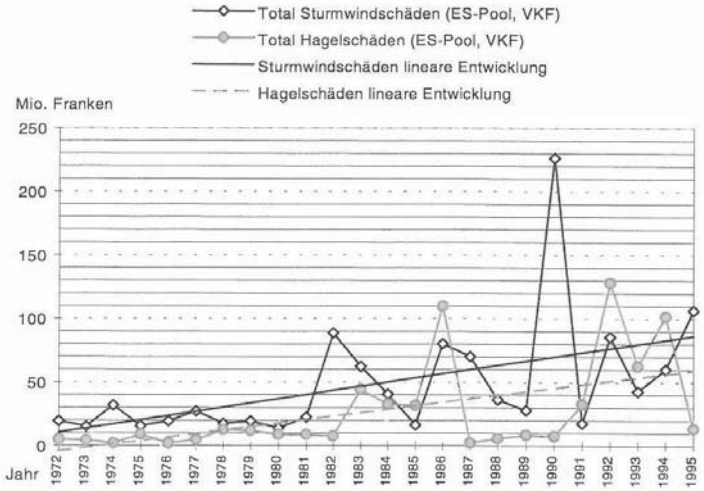
Gemäss den Ausführungen im Kapitel 3.3.8 wird von einer Zunahme der Sommerstürme und der Häufigkeit der Hagelaktivitäten ausgegangen. Zudem werden einige wenige, aber intensive Winterstürme erwartet. Insgesamt sollen sich die Winterstürme tendenziell aber nach Norden verlagern, so dass die Schweiz weniger betroffen wird.

Tabelle 4.13: **Versicherungsleistungen für Elementarschäden, Sturmwind und Hagel in Millionen Franken**

Jahr	Sturmwind			Hagel		
	ES+ VKF	ES-Pool	VKF	ES+ VKF	ES-Pool	VKF
1972	10.57	4.56	6.01	2.69	0.46	2.23
1973	8.89	4.99	3.9	2.5	0.41	2.09
1974	20.25	5.15	15.1	1.25	0.1	1.15
1975	9.48	3.23	6.25	5.31	2.1	3.21
1976	11.35	4.07	7.28	1.09	0.16	0.93
1977	16.5	5.3	11.2	2.89	1.05	1.84
1978	10.8	3.91	6.89	7.85	1.03	6.82
1979	12.54	6.16	6.38	7.72	3.17	4.55
1980	9.83	2.99	6.84	6.35	0.64	5.71
1981	17.33	7.19	10.14	6.87	0.6	6.27
1982	70.69	37.06	33.63	6.07	2.35	3.72
1983	48.2	13.62	34.58	33.99	9.35	24.64
1984	31.55	8.14	23.41	25.33	3.87	21.46
1985	13.11	3.99	9.12	25.02	2.27	22.75
1986	65.71	19.25	46.46	90.15	76.12	14.03
1987	58.76	30.12	28.64	1.8	0.85	0.95
1988	31.83	9.53	22.3	5.08	1.67	3.41
1989	25.95	9.65	16.3	7.92	2.98	4.94
1990	226.79	91.5	135.29	7.6	3.38	4.22
1991	18.45	9.17	9.28	34.05	14.86	19.19
1992	86.61	34.18	52.43	129.65	35.72	93.93
1993	42.37	18.15	24.22	61.93	21.07	40.86
1994	59.51	22.37	37.14	100.87	9.73	91.14
1995	106.75	25.16	81.59	13.58	1.34	12.24
Total	**1013.82**	**379.44**	**634.38**	**587.56**	**195.28**	**392.28**

Quelle: ES-Pool, VKF

Abb. 4.7: **Versicherungsleistungen für Sturmwind und Hagel indexiert**



Quelle: ES-Pool, VKF

Die Schätzung der möglichen Schadenskosten für Sturmwind und Hagel geht von den Angaben des Elementarschadens-Pools und des VKF aus: Seit 1972 haben sowohl für Sturmschäden wie auch für Hagel die Leistungen zugenommen. Im Durchschnitt der Jahre 1972 bis 1995 sind für Sturmschäden 47 Millionen Franken und für Hagel 26 Millionen Franken (indexiert auf den Stand 1995) ausbezahlt worden (vergleiche Tabelle 4.7 im Anhang A-4). Für Sturm und Hagel betragen die indexierten Durchschnittswerte insgesamt 73 Millionen Franken.

Die regionale Verteilung der Hagelschäden ist ausgeprägt: So waren in den Jahren 1951 bis 1994 vor allem das Gebiet der Freiburger Alpen bis zum Zürichsee mit dem Napfgebiet als Zentrum sowie das Mittel- und Südtessin sehr schwer betroffen. Hingegen gibt es im Alpenraum kaum Hagelschäden. Das übrige Mittelland und der Jura sind mittelschwer tangiert (SCHWEIZER HAGEL, 1996).

Für Stürme können keine regionalen Schwerpunkte festgestellt werden.

Die volkswirtschaftlichen Schadenskosten

Die ausgewiesenen Versicherungswerte sind anzupassen, um das volkswirtschaftliche Schadensausmass für das Jahr 1995 zu erhalten.
Die Anpassungsschritte sind bereits für die Daten von RÖTHLISBERGER im Abschnitt 4.3.1 vorgenommen worden:

1. Erhöhtes Schadenspotential

Mit einer Verdoppelung des indexierten Durchschnittswertes 1972 bis 1995 wird das gestiegene Schadenspotential (mehr Gebäude und Fahrhabe) seit den 70er Jahren berücksichtigt. Angesichts der Verdreifachung der Versicherungssumme seit 1972 ist die Erhöhung um den Faktor 2 gerechtfertigt: Es ergibt sich für Sturm und Hagel insgesamt ein Schadenspotential von 146 Millionen Franken.

2. Öffentliche Infrastrukturen

Die Versicherungswerte enthalten nur die privat versicherten Werte. Die öffentlichen Infrastrukturen, weitere private – nicht versicherte – Werte und die Kulturlandschäden sind nicht enthalten. Damit wir eine Annäherung an die volkswirtschaftlichen Schäden erhalten, nehmen wir an, dass die Versicherungswerte um 50 Prozent höher anzusetzen seien. Im Vergleich zu den Unwetterschäden (Faktor 2) wird ein wesentlich tieferer Faktor angenommen, da Infrastrukturanlagen durch Sturm und Hagel deutlich weniger gefährdet sind. Insgesamt wird von einem „volkswirtschaftlichen Schadenswert" für Sturm und Hagel im Jahr 1995 von zirka 220 Millionen Franken ausgegangen.

Zusatzkosten im Klimaszenario

Für das Klimaszenario des NFP 31 gehen wir von einer Spannbreite der möglichen zusätzlichen Schäden von 30 bis 50 Prozent aus. Der Wert ist als grobe Schätzung zu betrachten. Er lässt sich als Näherungswert an die vorliegenden naturwissenschaftlichen Erkenntnisse bezeichnen. Ein schlüssiger Beweis kann nicht erbracht werden.

Tabelle 4.14: **Sturm- und Hagelschäden im Klimaszenario in Millionen Franken**

Schadenskategorien	Sturmschäden	Hagel	Sturmschäden Hagel
Durchschnitt 1972-1995 (indexiert Preisstand 1995)	47	26	73
Wertbasis 1995: fiktiver Wert gemäss Bestand Gebäude und Fahrhabe 1995	94	52	146
„Volkswirtschaftliche" Schäden inklusive Infrastrukturen, Faktor 0.5 der Wertbasis 1995	141	78	219
Schäden Klimaszenario: Spannbreite: +30% bis +50% der volkswirtschaftlichen Schäden			66 bis 110

Quelle: Eigene Schätzungen, ES-Pool, VKF

Die gesamten volkswirtschaftlichen Kosten?

Die ausgewiesenen „volkswirtschaftlichen" Kosten beinhalten keine Folgekosten und Multiplikatoreffekte: Bei Sturmschäden müssten etwa Produktionsausfälle und zu-

künftige Minderungen der Produktion berücksichtigt werden. Die vorliegende Datenlage lässt dazu keine Aussagen zu.

Ebenfalls werden Options- und Existenzwerte tangiert. Beispielsweise ist es möglich, dass ein Wald – zumindest für eine gewisse Zeit – nicht mehr genutzt werden kann, d.h. der Optionswert ist vermindert. Zudem können Umweltgüter, aber auch Gebäude und Infrastrukturen beeinträchtigt werden, die für künftige Generationen möglicherweise einen hohen Stellenwert haben (z.B. denkmalgeschützte Gebäude).
Options- und Existenzwerte können im Rahmen der vorliegenden Untersuchung nicht geschätzt werden. Es ist jedoch nicht anzunehmen, dass erhebliche Werte anfielen.

Fazit

Die möglichen Schäden im Klimaszenario für Sturmschäden und Hagel sind mit zirka 66 bis 110 Millionen Franken pro Jahr als recht beträchtlich einzustufen. Folgekosten und Multiplikatoreffekte sind in einem gewissen Ausmass zu erwarten. Sie können aber mit den vorliegenden Daten nicht geschätzt werden. Die Auswirkungen auf Options- und Existenzwerte werden als eher gering beurteilt.

Der ausgewiesene Wert von rund 66 bis 110 Millionen Franken ist als recht unsicher zu bezeichnen, da die naturwissenschaftlichen Aussagen zu klimabedingten Sturm- und Hagelschäden noch nicht sehr zwingend sind.
Hingegen ist die Grössenordnung des Schätzwertes von zirka 66 bis 110 Millionen Franken recht plausibel, wenn tatsächlich eine gewisse Zunahme von Stürmen und Hagel eintritt.

4.6 Wald: Standortgerechtigkeit, Biomasse, Schutzfunktion

Im Klimaszenario wird erwartet (vergleiche dazu Kapitel 3.3.9), dass sich die Standortgerechtigkeit der Waldbestände verschlechtert. Unter warm-trockenen Bedingungen würden die Erträge (bei heutigen Preisen) zurückgehen. Eventuell nimmt die Krankheitsanfälligkeit und damit die Sturmanfälligkeit der Wälder zu. Eine Zunahme der Biomasse durch einen CO2-Düngungseffekt ist eine – bisher nicht belegte – Hypothese. Allenfalls steigt die Waldgrenze und vor allem in kritischen alpinen Regionen kann bei Aufgabe der Alpwirtschaft eine erhöhte Schutzwirkung entstehen. Die Gefahr von Waldbränden in den Südtälern nimmt eventuell leicht zu.

4.6.1 Exkurs: Katastrophenszenario mit Verlust der Schutzfunktionen des Waldes

In den 80er-Jahren haben ERNST BASLER UND PARTNER (EBP)/BRUGGER/HANSER/PARTNER (BHP) (1986) sowie ALTWEGG (1988) Schadenskosten für den teilweisen bzw. weitgehenden Verlust des Gebirgswaldes geschätzt. Sie gingen davon aus, dass die Schutzfunktion des Gebirgswaldes zu einem erheblichen Teil verloren geht und durch technische Massnahmen (insbesondere Lawinenverbauungen) – zumindest für eine längere Übergangsperiode – ersetzt werden muss. Es kommt zu verheerenden Folgewirkungen.

Es werden kumulierte Schadenskosten von 40 bis 160 Milliarden Franken ausgewiesen. Die jährlichen Schadenskosten werden mit 0.662 bis 1.942 Milliarden Franken geschätzt (Preisstand 1985). Weitere Angaben finden sich in Tabelle 4.15.

Tabelle 4.15: **Katastrophenszenarien Waldsterben in Millionen Franken Basisjahr 1985**

	Annahmen	Schadenskosten kumuliert in Mio. Fr.	Pro Jahr in Mio. Fr.
ALTWEGG (1988)	Ersatz Schutzwald		
	- Vollständige Zerstörung	97'100	1'942
	- Trend-Zerstörung	33'100	662
EBP/BHP (1986)	Grad der Schädigung:	- Forstwirtschaft 12'000	500 - 300
	- tote Bäume > 60%	- Schutzfunktion 18'000	900 - 300
	- Lawinenniedergang	- Zusatzschäden 14'000	380 - 550
	- Hochwasser, Erosion, Rutschungen, Steinschlag	Gesamtschäden 44'000	1'800 - 1'200

Beurteilung der Katastrophenszenarien

Die Waldsterbensszenarien aus den 80er Jahren stellen einen Extremfall dar, der bisher nicht eingetroffen ist. Die ausgewiesenen Werte können mit dem Gesamtwert des Waldes bezüglich seiner Schutzfunktion und weiteren Funktionen (z.B. Biomasseproduktion) im Berggebiet gleichgesetzt werden.
Aufgrund der Erwärmung zeichnet sich kein Katastrophenszenario ab. Deshalb kann nur sehr beschränkt auf die obigen „Katastrophenwerte" zurückgegriffen werden. Es muss eine eigene Schätzung für das „Klimaszenario" vorgenommen werden.

Keine nennenswerten Kosten bzw. Gewinne

KIENAST (1997) gelangt für einen Forstbetrieb je nach Szenario „warm trocken" bzw. „warm feucht" zu einer Ertragsschmälerung bzw. Ertragssteigerung pro Hektare Wald. Diese Angaben werden für das Waldareal im Mittelland und den Voralpen hochgerechnet, was nicht ganz unproblematisch ist (z.B. Übertragung eines plausi-

blen Betriebswerts auf eine relativ grosse Fläche). Die Schätzung eines Mindererertrags von 48 Millionen Franken im Fall „trocken" bzw. eines Mehrertrags von 17 Millionen Franken (Fall „feucht") ist als recht unsicher zu bezeichnen.
Im Rahmen des Klimaszenario des NFP 31 werden eher geringere Niederschläge erwartet. Für die Bilanzierung wird deshalb von einem Schadenswert von zirka 50 Millionen Franken ausgegangen.

Tabelle 4.16: **Wald – Kosten und Gewinn im Klimaszenario**

Kategorien: Schaden/Nutzen	Kosten – Gewinn + in Mio. Fr.	Annahmen und Bemerkungen
Nicht standortgerecht		Mittelland, Voralpen: Fläche 444'836 ha;
- Warm trocken	Ca. -50	-25%; Fr. -107.-/ha
- Warm feucht	(+17)	+ 8%; Fr. +38.-/ha
- Krankheitsanfälligkeit/ Verlust Schutzfunktion	-	bereits im Rahmen Hochwasser/ Überschwemmungen als Teilsyndrom beachtet
Zunahme Wachstum		
- Plus Biomasse	(+47)	Mehrproduktion 7% bei 7.198 Mio. m3. Fr. 93.-/m3
- CO2-Senke	-	Zusatzproduktion wird genutzt: CO2-neutral
Waldgrenze höher total	Ca. +10	bilanzierte 8 werden auf 10 Mio. Fr. gerundet
- Plus Biomasse	+4	+5% der alpinen Waldproduktion von 0.789 Mio. m3
- Verlust Landschaft	-	Keine Schätzgrundlagen
- Produktionsrückgang Alpwirtschaft	-46	-2% der landwirtschaftlichen Endproduktion: 9.114 Mrd. Fr. (1994)
- Erhöhte Schutzwirkung	+50	ohne Produktionssubventionen +10% von 500 Mio.: Vergleiche Schätzung EBP/BHP
Waldbrände		
- Löschkosten	-	keine Grundlagen
- Produktionsausfall	-	dito
- Regeneration Ökosystem	-	dito
Total		
- Kosten	ca. -50	Fall „warm trocken"
- Gewinn	ca. +10	Bilanz höhere Waldgrenze

Quelle: Eigene Schätzungen. KIENAST et al. (1996). ZINGG (1997).
STATISTISCHES JAHRBUCH DER SCHWEIZ (1996/1997)

Krankheitsanfälligkeit und verminderte Schutzfunktion: Teil Hochwasser/Überschwemmungen

Zusätzliche Krankheitsanfälligkeit und Verlust der Schutzfunktion bestehender Wälder ist bereits im Rahmen der Hochwasser und Überschwemmungen berücksichtigt worden (Kapitel 4.4): Es wird davon ausgegangen, dass die Krankheitsanfälligkeit und der Verlust der Schutzfunktion kumulativ zu den potentiellen Schäden „Hochwasser/Überschwemmungen" beitragen können. Das Phänomen „Krankheitsanfälligkeit/Schutzfunktion" wird deshalb nicht separat ausgewiesen. Es würde eine Doppelzählung entstehen.

Mehrproduktion von Biomasse?

Die dargestellte Mehrproduktion von Biomasse von +5 bis +10 Prozent durch den hypothetisch postulierten CO2-Düngeffekt (ZINGG, 1997) wird mit +7 Prozent angenommen. Ausgehend von einer jährlichen Biomasseproduktion von 7.198 Millionen Kubikmeter ergibt sich – bei einem Kubikmeter-Preis von 93.- Franken – ein Mehrertrag von +46.9 Millionen Franken pro Jahr. Es werden keine zusätzlichen Subventionen berücksichtigt, da davon ausgegangen wird, dass der Mehrertrag mit den ohnehin ausbezahlten Geldern realisiert werden kann. Allerdings wird eine erhöhte Biomasse-Produktion – alleine aufgrund eines CO2-Düngeffektes – als sehr ungewiss betrachtet. Für die Gesamtbilanz (Kapitel 4.1.3, Tabelle 4.3) wird dieser Effekt deshalb ignoriert.

Erhöhung der Waldgrenze: Nutzen der erhöhten Schutzfunktion

Durch die Erhöhung der Waldgrenze wird mit einem zusätzlichen Ertrag aus der Biomasse von zirka 4 Millionen Franken pro Jahr gerechnet. Der Landschaftsverlust – Waldbestände statt Alpbewirtschaftung – wird nicht erfasst, da hierfür keine Grundlagen bestehen. Auswirkungen sind ohnehin nicht zwingend zu erwarten, da ein Wald nahe der Waldgrenze durchaus auch landschaftliche Reize aufweist. Allerdings sind gewisse Verluste am vielfältigen Landschaftsbild und an Biodiversität nicht auszuschliessen.
Der Rückgang der Alpwirtschaft wird mit 2 Prozent der gesamten landwirtschaftlichen Endproduktion (1994: 9.114 Milliarden Franken) veranschlagt. Als Kosten werden dabei nur die Faktorpreise berücksichtigt. Es müssen etwa 80 Prozent (öffentliche Subventionen und Effekte der Preisregulierungen an der Grenze) abgezogen werden (OECD, Agrarbericht 1997, in: NZZ, Nr. 181, S. 17). Es ergibt sich ein Wertschöpfungsverlust von 46 Millionen Franken.
Der Anstieg der alpinen Waldbestände erhöht – vor allem auch in sensiblen Regionen – die Schutzwirkung. Als Grundlage werden die Schätzungen von EBP/BHP 1986 genommen: 300 bis 900 Millionen Franken pro Jahr für die Schutzfunktion beim Preisstand 1985 (vergleiche Tabelle 4.15). Ausgehend von einem unteren Wert von 500 Millionen Franken pro Jahr (Preisstand 1995) wird eine um 10 Prozent gesteigerte Schutzwirkung in Rechnung gestellt. Pro Jahr ergibt sich durch die gesteigerte Schutzwirkung ein Gewinn von 50 Millionen Franken.

Insgesamt resultiert bei einer höheren Waldgrenze ein Plus von 8 Millionen Franken.

Kosten für Waldbrände?

Für die Schätzung der Kosten zusätzlicher Waldbrände stehen keine brauchbaren Grundlagen zur Verfügung. Es dürften kaum zweistellige Millionenbeträge erreicht werden. Bei der präventiven und unmittelbaren Brandbekämpfung ist wohl mit Kosten zu rechnen. Zudem fällt ein Ertragsausfall über mehrere Jahre an. Die Auswirkungen auf das Ökosystem werden kontrovers diskutiert: Teilweise werden durch die natürliche Verjüngung und die anschliessend grössere Biodiversität auch positive Effekte gesehen.

Fazit

Beim Wald kann aufgrund der verminderten Standortgerechtigkeit mit einer Einbusse von zirka 50 Millionen Franken gerechnet werden. Die höhere Waldgrenze schlägt insgesamt mit einem Gewinn von zirka 10 Millionen Franken zu Buche.

Eine erhöhte Biomasseproduktion wird als viel zu unsicher betrachtet und deshalb nicht in die Kostenschätzung einbezogen. Für Waldbrände liegen keine Kostenschätzungen vor. Es wird ein geringer Effekt erwartet.

Eine allfällig erhöhte Krankheitsanfälligkeit mit einer verminderten Schutzfunktion wird im Rahmen der Ausführungen Hochwasser und Überschwemmungen berücksichtigt.

4.7 Landwirtschaft

FLÜCKIGER (1996) rechnet im Rahmen seiner Studie eine Referenzlösung (Zeitraum 1994) und vier Szenarien (Zeitraum 2002) durch:

Die **Referenzlösung** beruht auf den Daten des Jahres 1994. Weder Einflüsse der World Trade Organization (WTO) noch des Klimas werden berücksichtigt.
Es wird von einem landwirtschaftlichen Endrohertrag von zirka 6'000 Millionen Franken (ohne Gemüse, Obst, Wein, Geflügel) ausgegangen. Dies ist der Gesamtertrag, korrigiert durch Direktzahlungen und Erlöse (z.B. Produzentenbeteiligungen an den Verwendungskosten etc.).
Das landwirtschaftliche Einkommen beläuft sich auf 2'011 Millionen Franken. Pro Betrieb sind es 53'737 Franken. Die Direktzahlungen machen insgesamt 1'224 Millionen Franken aus, die Betriebszahl beläuft sich auf 37'427.

Die Mengen- und Preisregulierungen an der Grenze werden allerdings nicht berücksichtigt. Es müsste eigentlich von der Bruttowertschöpfung bzw. von Bruttoeinkommen gesprochen werden. Die Nettowerte liegen für das Jahr 1995 um zirka 80 Prozent tiefer (OECD Agrarbericht 1996, NZZ, a.a.o). Für eine volkswirtschaftliche Betrachtung müsste von den Nettowerten – das heisst vom international gültigen

Preisniveau – ausgegangen werden. Die Entwicklung der Schweizer Preise im Vergleich zum Weltmarktniveau ist ein offene Frage. Die Preisdifferenzen werden eventuell teilweise oder gänzlich abgebaut.

Tabelle 4.17: **Übersicht der Auswirkungen auf die Landwirtschaft in Mio. Fr.**

	Referenz	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3	Szenario 4
Rohertrag zu Marktpreisen	5'986	4'240	4'319	4'280	4'568
Landwirtschaftl. Einkommen	2'011	1'534	1'463	1'481	1'639
Landw. Einkommen pro Betrieb in Schweizer Franken	53'737	48'817	49'511	49'373	52'046
Total Direktzahlungen (DZ)	1'224	1'260	1'165	1'179	1'277
Landw. Einkommen ohne DZ	786	283	298	302	362
Anzahl Betriebe	37'427	31'441	29'562	30'015	31'498
Einkommensanteil in Prozent					
- Tal	38	35	41	40	44
- Hügel	32	33	29	29	27
- Berg	30	32	30	31	29

Quelle: FLÜCKIGER (1996), Tabellen 34/38

Das Szenario 1 zeigt die Auswirkungen der WTO-Strukturanpassungen – ohne Klimaeffekte – auf: Die entsprechenden Preissenkungen reduzieren den Rohertrag um -30 Prozent, das heisst von zirka 6'000 Millionen Franken auf zirka 4'200 Millionen Franken. Ebenfalls geht das landwirtschaftliche Einkommen und die Betriebszahl zurück (vergleiche Tabelle 4.17). Punkto Einkommen gewinnt in regionaler Hinsicht die Hügelzone gegenüber der Tal- und Bergzone leicht dazu, was im hohen Einkommensanteil von 32 Prozent bei „Berg" in Tabelle 4.17 zum Ausdruck kommt.

Das Szenario 2 basiert auf dem Szenario 1, berücksichtigt aber zusätzlich die Auswirkungen der Klimaänderungen auf den landwirtschaftlichen Sektor. Mit klimatischen Extremereignissen wird jedoch nicht gerechnet. Die Weltmarktpreise für Agrarprodukte bleiben deshalb im Vergleich zum Szenario 1 praktisch unverändert.

Es zeigt sich, dass gegenüber dem Szenario 1 das Gesamteinkommen um zirka 70 Millionen Franken leicht abnimmt, weil das zusätzliche Angebot auf den Produktemärkten (wegen CO2-bedingten Ertragszunahmen bei Weizen, Kartoffeln, Rauhfutter) zu Verlusten beim Erlös führt. Aufgrund des überdurchschnittlichen Rückgangs der Zahl der Betriebe nehmen die landwirtschaftlichen Einkommen pro Betrieb hingegen zu. Einkommensmässig gewinnen die Tal- gegenüber den Bergbetrieben.

Szenario 3: Im Unterschied zum Szenario 2 wird in diesem Szenario auch bei der alpinen Vegetation (Bergzonen und Alpwiesen) von deutlich verbesserten Ertrags-

potentialen im Rauhfutterbau ausgegangen, die jedoch von gewissen anbautechnischen Voraussetzungen (Düngung, Sortenzucht) abhängen. Die klimabedingten Ertragssteigerungen zahlen sich einkommensmässig aber praktisch nicht aus, denn der Einkommensanteil des Berggebiets steigt in Tabelle 4.17 nur um 1 Prozent auf 31 Prozent an.

Das Szenario 4 geht im Inland von gemässigten Annahmen bei den Klimaänderungen aus (vergleiche Szenario 2). Global betrachtet wird ein Extremszenario angenommen; demnach werden die Preise auf den Weltgetreidemärkten bedingt durch das Klima stark ansteigen und sich langfristig dem inländischen Produzentenpreisniveau angleichen.

Gegenüber dem Szenario 2 nimmt das sektorale Gesamteinkommen um rund 176 Millionen Franken zu. Die Talbetriebe – dort insbesondere die Ackerbaubetriebe – ziehen den grössten Gewinn aus dieser Entwicklung, was mit dem hohen Einkommensanteil von 44 Prozent in Tabelle 4.17 gezeigt werden kann.

Fazit

Für den Klimafall ist das Szenario 2 als am wahrscheinlichsten anzunehmen: Es wird eine Abnahme der Wertschöpfung um zirka -70 Millionen Franken ausgewiesen, also ein leichter Verlust. Bei einer Nettobetrachtung, das heisst auf der Basis von Weltmarktpreisen für die Schweizer Landwirtschaft würde dieser Verlust um zirka 40 bis null Prozent geringer ausfallen[6], also praktisch gegen Null tendieren. Im Prinzip kann – wenn überhaupt – nur von einem sehr geringen Wertschöpfungsverlust für die Landwirtschaft gesprochen werden (zirka -30 bis -70 Millionen Franken).
Die Szenarien 3 und 4 zeigen Sensitivitäten auf: Es bestätigt sich, dass im Fall von Klimaänderungen, die Extremereignisse zur Folge haben, mit grosser Wahrscheinlichkeit nur mit einer leichten – bis allenfalls relativ mässigen – Zunahme der Wertschöpfung zu rechnen ist.

In jedem Fall sind die Einflüsse von Klimaänderungen im Vergleich mit dem WTO-Szenario relativ gering: Im Agrarbereich sind in den kommenden Jahren für die Schweiz die grösseren Veränderungen durch internationale und nationale politische Entwicklungen zu erwarten. Im Sturm der Agrarpolitik, der durch die Globalisierung verursacht wird, sind klimabedingte Veränderungen – zumindest in den Ländern der gemässigten Zonen – nicht mehr als ein leises Rauschen.

[6] Es kann mit nur noch 40 bis null Prozent Preisdifferenz zum internationalen Niveau gerechnet werden (statt 80%), da sich mit der WTO-Reform die Schweizer Preise dem Weltmarktniveau anpassen. Dabei wird allerdings nicht mehr auf der Preisbasis des Jahres 1995, sondern des Jahres 2002 und später gerechnet, was einer Abweichung vom gewählten methodischen Konzept gleichkommt.

4.8 Energie: Einfluss auf Produktion und Verbrauch

Das Klimaszenario kann auf die Produktion von Energie, ihre Verteilung und ihren Verbrauch einen Einfluss haben.

4.8.1 Elektrizitätsproduktion in Speicher- und Laufkraftwerken

Für die Produktion von Elektrizität in Wasserkraftwerken sind gegenläufige Trends zu erwarten. Die zusätzliche Evapotranspiration (Verdunstung) und die vermehrten Niederschläge führen zu einem erhöhten Wasservolumen der Flüsse. Es wird mit einem um zirka +10 Prozent gesteigerten Volumen gerechnet (vergleiche Kapitel 3.3.6). Vor allem im Winter ist – im Vergleich zum Sommer – mit einer Zunahme der Abflüsse zu rechnen. Dabei werden die Niederschläge vermehrt als Regen anfallen. Die vorübergehende Wasserspeicherung in Form von Schnee und bis in den Sommer hinein in Form von Gletschern wird reduziert. Der Abfluss der Niederschläge wird zeitlich verkürzt erfolgen. Die zusätzlichen Wassermassen können im Berggebiet nur genutzt werden, wenn genügend Speicherkapazitäten vorhanden sind. Andernfalls bleibt das Wasser für die Elektrizitätsproduktion ungenutzt. Die grösseren Schwankungen der Wasserläufe machen somit zusätzliche Investitionen in Staukapazitäten nötig.

Die Laufkraftwerke können im Winter hingegen höhere Leistungen erbringen und ihre Produktion steigern. Über das Ausmass dieser Effekte können aufgrund der vorliegenden Unterlagen keine Aussagen gemacht werden. Es darf davon ausgegangen werden, dass sich die Wirkungen in etwa aufheben.

Falls die Produktion in den Speicherkraftwerken erhalten oder gar gesteigert werden soll, müssen Zusatzinvestitionen in die Speicherkapazitäten und die Leistungsfähigkeit der bestehenden Anlagen getätigt werden. Erst mit diesen Massnahmen kann das zusätzliche Potential effektiv auch genutzt werden, das im Bereich von +10 Prozent der bisherigen Produktion der Speicherkraftwerke liegen dürfte. Zur Zeit liegen die Zubaukosten um einiges über den durchschnittlichen Stromgestehungskosten im Winter. Beim Preisniveau von 1995 könnte die Produktion nur unter Inkaufnahme finanzieller Verluste gesteigert werden. Wenn der Wettbewerb im Strommarkt einigermassen spielt, sind derartige Investitionen nicht zu erwarten. Es müsste quersubventioniert werden, was wenig wahrscheinlich ist. Zudem ist zu beachten, dass der Ausbau der Speicherkapazitäten teilweise mit erheblichen Eingriffen in die Landschaft verbunden ist.

Mit leicht gesteigerter Produktion in den Laufkraftwerken und Abnahme der in Speicherkraftwerken produzierten Mengen rückt die Stromproduktion näher zu den Verbraucherzentren. Tendenziell wird dadurch ein weiterer Leitungsbau gebremst. Wir gehen von keinen zusätzlichen Ansprüchen an das Leitungsnetz aus.

Die Flusskühlung für Kernkraftwerke wird vermutlich kaum tangiert: Einerseits erhöhen sich dank steigender Abflussmengen die zur Verfügung stehenden Wassermengen. Anderseits liegen Kernkraftwerke im Unterlauf von Stauwerken, welche

eine gewisse Wasserregulierung für die Wasserkühlung zulassen. Ausreichende Wassermengen sind somit für die Kernkraftwerke kaum ein Problem.

4.8.2 Der Energieverbrauch: Weniger Wärme – mehr Kälte

Im Winter nimmt der Energieverbrauch ab, weil weniger geheizt werden muss. Im Sommer nimmt er zu, weil die Ansprüche ans Kühlen steigen.

Genaue Angaben über Temperaturschwankungen, Heizgradtage, den Verbrauch für Heizen und Kühlen in Autos usw. liegen zur Zeit nicht vor. Die Berechnungen in Tabelle 4.18 sind als grobe Top-down-Schätzungen zu verstehen.

Tabelle 4.18: **Endenergieverbrauch – Ausgaben für Heizen und Kühlen**

Energie-träger	in Mio. Fr.	Anteil Heizen		Minder-verbrauch Wärme im Klimafall	Minder-verbrauch Heizen		Anteil Kühlen		Mehr-verbrauch Kühlen	Mehr-Verbrauch-Kühlen	
		in %	Mio. Fr.	in %	in Mio. Fr.		in %	Mio. Fr.	in %	in Mio. Fr.	
										Inkl. Steuern	Exkl. Steuern
Erdöl-brennstoffe	1'680	80	1344	10	134	134	-				
Treibstoffe	8'160	10%	816	10	82	16	3%	245	200%	735	147
Elektrizität	8'500	10%	850	10	85	60	5%	410	50%	205	144
Gas	1'470	60%	882	10	88	88	-				
Kohle	80	20%	16	10	2	2	-				
Holz	130	90%	117	10	12	12	-				
Fernwärme	150	80%	120	10	12	12	-				
Total	**20'170**		**4145**	**10**	**415**	**324**		**655**		**695**	**291**
Anteil BSP in Prozent	5.6										

Quelle: STATISTISCHES JAHRBUCH (1997), S. 216. Eigene Schätzungen

Minderverbrauch zum Heizen

Es wird mit einer Erwärmung von +2 Grad Celsius im Durchschnitt über das ganze Jahr gerechnet. Für die einzelnen Energieträger wird gemäss Tabelle 4.18 ein bestimmter Anteil für die Wärmeproduktion angenommen:

Anteilmässig fällt er für die Brennstoffe Öl, Gas, Holz und Fernwärme am höchsten aus. Wertmässig ergeben sich aufgrund der Endverbraucherpreise 1995 auch für

Treibstoffe und Elektrizität relativ hohe Zahlen. Dies ist für die Treibstoffe vor allem mit der spezifischen steuerlichen Belastung zu erklären: Zirka 80 Prozent des gesamten Wertes sind einer zweckgebundenen fiskalischen Belastung unterworfen (Mineralölsteuer), die in der Binnenwirtschaft wiederum eingesetzt wird. Es resultiert ein Minderverbrauch von nur zirka 16 Millionen Franken. Bei der Elektrizität bestimmen die relativ hohen Produktionskosten und spezielle steuerliche Belastungen von zirka 30 Prozent das Preisniveau. Der Minderverbrauch beträgt zirka 60 Millionen Franken.

Insgesamt ergibt sich ein wertmässiger Minderverbrauch für Wärme von zirka 320 Millionen Franken pro Jahr.

Mehrverbrauch für das Kühlen

Diesem Wert steht ein Mehrverbrauch für das Kühlen von zirka 290 Millionen Franken gegenüber. Der Grossteil davon wird in den Autos konsumiert (zirka 150 Millionen Franken). Die zusätzliche Elektrizität, die für das Kühlen in Wohn-, Büro- und Industriegebäuden sowie im Eisenbahnverkehr gebraucht wird, kostet schätzungsweise rund 60 Millionen Franken. Für den Winter- und Sommerstrom wird von gleichen Preisverhältnissen ausgegangen.

In der Bilanz ergibt sich ein Energie-Minderverbrauch in der Grössenordnung von zirka -30 Millionen Franken. Die Schätzungen sind mit recht grossen Unsicherheiten verbunden.

Fazit

Bei der Stromproduktion wird von einer leichten Abnahme der Produktion in Speicherkraftwerken ausgegangen, die durch die verminderte Speicherfunktion der reduzierten Schneedecke und der Gletscher verursacht wird. Für Flusskraftwerke wird eine leichte Mehrproduktion angenommen.

Der Energieverbrauch wird durch einen Rückgang des Wärmebedarfs im Winter und eine Zunahme des Kühlens im Sommer bestimmt. Insgesamt wird eine wertmässige Minderbelastung von zirka 30 Millionen Franken ausgewiesen.

4.9 Migration und Klima-Flüchtlinge

Gemäss den Ausführungen in Kapitel 3.3.13 „Wanderungen – Flüchtlinge" gehen wir nach einer Klimaerwärmung von einer 10prozentigen Zunahme der Flüchtlinge aus. Für die Schweiz nehmen wir ebenfalls eine Steigerung von 10 Prozent an.

Für die Schätzung der Kosten wird von den Ausgaben des Bundesamts für Flüchtlinge ausgegangen (BUNDESAMT FÜR FLÜCHTLINGE, 1995).
So befanden sich im Jahr 1995 zirka 120'000 Flüchtlinge in der Schweiz. Dazu gehören Asylsuchende mit hängigem Verfahren oder hängigem Vollzug, vorläufig Aufgenommene, Personen mit fremdenpolizeilichen Aufenthaltsbewilligungen aus humanitären Gründen und anerkannte Flüchtlinge.
Davon sind zirka 55'000 Personen fürsorgeabhängig. Pro Person und Jahr werden von der öffentlichen Hand zirka 15'000 Franken ausgegeben. Für das Jahr 1995 sind es insgesamt 833 Millionen Franken. Bei gleichen Kostenstrukturen würde eine Zunahme der Flüchtlinge von +10 Prozent weitere 83 Millionen Franken erfordern.

Der Betrag kann als Näherungswert für mögliche Flüchtlingskosten für die Schweiz im Klimafall angenommen werden. Dabei sind zusätzliche Sensitivitäten in verschiedener Hinsicht nicht zu übersehen:

- Der Betrag kann weit höher ausfallen, wenn sich die Flüchtlingsströme aufgrund von Klimaänderungen vermehrt industrialisierten Ländern zuwenden. Eine Steigerung um 20 bis 50 Prozent liegt durchaus im Bereich des Möglichen. Die Folgekosten würden – bei gleichen Kostenstrukturen – zwischen 166 bis 416 Millionen Franken betragen.

- Die ausgewiesenen Kosten für Flüchtlinge hängen in einem hohen Ausmass von den Beschäftigungsmöglichkeiten in der Schweiz ab. Verbessert sich die Beschäftigungssituation und/oder werden die Flüchtlinge rascher am Arbeitsmarkt zugelassen, so können sich die Aufwendungen rasch reduzieren. Eine Halbierung der ausgewiesenen Kosten von 83 Millionen Franken – oder eine noch drastischere Reduktion – liegen durchaus im Bereich des Möglichen. Die entsprechenden Aufwendungen reagieren somit sehr sensitiv auf die Arbeitsmarktbedingungen, wie sie im Zeitraum 2030 bis 2050 effektiv bestehen werden.

- Bei einem hohen Beschäftigungsgrad der Flüchtlinge kann sogar ein positiver Wanderungsgewinn erwartet werden: Die Industrieländer erhalten zusätzliches Humankapital. Die Kosten für Erziehung und Ausbildung von Arbeitskräften können sie sich zumindest teilweise ersparen. Die positiven Beschäftigungseffekte schlagen sich auch in einem volkswirtschaftlichen Gewinn nieder. Es kann somit nicht ausgeschlossen werden, dass längerfristig durch Klima-Wanderungen ein positiver Effekt in den industrialisierten Ländern entsteht.

Für die Beurteilung allfälliger Flüchtlingsströme sind Einstellung und Werthaltung der Bevölkerung sowie Integrationsbereitschaft von grosser Bedeutung: Es darf davon ausgegangen werden, dass bei toleranter Einstellung der Bevölkerung und hoher Arbeitsbereitschaft der Flüchtlinge die Integration gefördert wird und damit geringere Kosten anfallen.

Fazit

Es wird damit gerechnet, dass durch Klima-Wanderungen in die Schweiz zusätzliche Kosten von zirka 80 Millionen Franken pro Jahr anfallen.

Der Betrag ist in verschiedener Hinsicht sensitiv: Die Flüchtlingsströme können sich verstärkt den Industrieländern – und damit auch der Schweiz – zuwenden. Die Kosten fallen dann – ceteris paribus – um einiges höher aus.

Bei zusätzlichen Beschäftigungsmöglichkeiten und elastischem Arbeitsangebot der Flüchtlinge ist mit geringeren Kosten, allenfalls sogar positiven volkswirtschaftlichen Effekten zu rechnen: Es findet ein Humankapital-Transfer von klimageschädigten Ländern zu verschonten Industrieländern statt.

Die Frage zusätzlicher Kosten wird in hohem Mass von den Einstellungen und Werthaltungen der Bevölkerung zu Flüchtlingen sowie deren Integrationsbereitschaft geprägt: Bei offener Haltung und hoher Integrationsbereitschaft ist mit geringen Kosten – allenfalls sogar Nutzen – für die Schweiz zu rechnen.

5. Emissionsentwicklung und Emissionsziele einer Klimapolitik

5.1 Weltweite Emissionsentwicklung und Reduktionsziele

Die Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen aus dem Jahre 1992 (Inkraftsetzung: 21. März 1994) verlangt:

„die Stabilisierung der Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre auf einem Niveau zu erreichen, auf dem eine gefährliche anthropogene Störung des Klimasystems verhindert wird. Ein solches Niveau sollte innerhalb eines Zeitraumes erreicht werden, der ausreicht, damit sich die Ökosysteme auf natürliche Weise den Klimaänderungen anpassen können, die Nahrungsmittelerzeugung nicht bedroht wird und die wirtschaftliche Entwicklung auf nachhaltige Weise fortgeführt werden kann."

Die Zielsetzungen der Klimakonvention sind recht offen und vage. Immerhin wird eine gewisse Stossrichtung signalisiert, die als Grundlage für Konkretisierungen dient und zur Festlegung konkreter Ziele für Industrieländer, aber auch Entwicklungsländer beigezogen werden soll.

Der Zielsetzungsprozess ist in vollem Gang. Erste wichtige Entscheide wurden anlässlich der 3. Klimakonferenz in Kyoto gefällt. Im folgenden werden die wichtigsten Grundlagen aufgezeigt, die zu einer Festlegung der weltweiten Ziele und der Reduktionsziele für einzelne Länder beitragen sollen.

5.1.1 Die Berechnungen des Intergovernemental Panel on Climat Change (IPCC)

Das IPCC hat Berechnungen vorgenommen, um die noch zulässigen CO2-Emissionen zu formulieren. Eine wichtige Grundlage für die Festlegung von CO2-Zielen ist damit geschaffen worden.

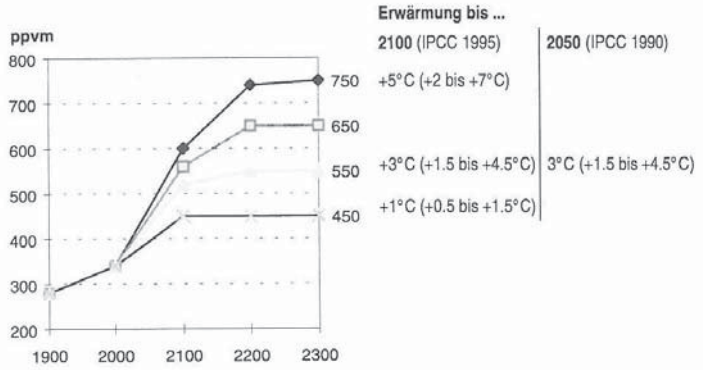
Die Herleitung von tragfähigen Emissionswerten erfolgt in mehreren Schritten.

CO2-Emissionen wirken langfristig

Den Ausgangspunkt stellen verschiedene Niveaus von CO2-Konzentrationen in der Atmosphäre dar, die in einen Zusammenhang zu einer möglichen Erwärmung gesetzt werden. In Abbildung 5.1 wird dieser Link präsentiert: Den CO2-Konzentrations-Niveaus von 450ppmv, 650ppmv und 1000ppmv werden in den Schätzungen des IPCC aus dem Jahre 1995 Temperaturerhöhungen von +1°C (Spannbreite von +0.5 bis +1.5°C) (= S 450ppvm), +3°C (+1.5 bis +4.5°C) (= S 550ppvm), +5°C (+2 bis +7°C) (= S 750ppvm) zugeordnet (IPCC, 1995, S. 11, [1]), die sich bis zum Jahr 2100 einstellen sollen. Der Anstieg der Kurven in Abbildung 5.1 ist – jeweils bei gleicher CO2-Konzentration – auf die langanhaltende Wirkung des CO2 als Treibhausgas zurückzuführen (zirka 100 Jahre). Gegenüber den Schätzungen des IPCC aus dem Jahre 1990 sind durch den Einbezug der Ärosole die Werte für die Erwärmung – bei gleichen CO2-Konzentrationen – nach unten korrigiert worden. Zudem wurde die Zeitdauer für die Stabilisierung der Temperatur vom Jahr 2050 auf das Jahr 2100 verlegt.

So wird neu (IPCC, 1995) eine Zunahme der Erwärmung von maximal +2°C bis zum Jahr 2100 als noch zulässig erklärt. Bei dieser Erwärmung wird davon ausgegangen, dass sich die Natur ohne grössere Schäden anpassen kann. Dies entspricht einer CO2-Konzentration von maximal 450ppmv. Eine Konzentration von 550ppvm wird bereits als kritische Schwelle bezeichnet, und Konzentrationen von mehr als 650ppvm werden als bedrohlich betrachtet.

Abb. 5.1: **CO2-Konzentration und Erwärmung gemäss IPCC 1990 und 1995**



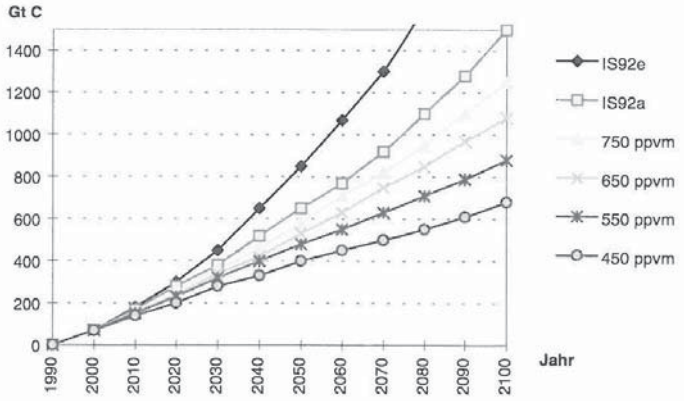
Quelle: BOLIN 1995, S. 6, Tabelle 5a

[1] Die Werte werden in dieser Publikation ab 1990 dargestellt. Die Temperaturzunahmen um zirka +0.1 bis +0.7°C, die wegen der Treibhausgasemissionen seit 1760 entstanden sind, werden nicht berücksichtigt.

Der zulässige Pfad: Wieviel C bzw. CO2 dürfen noch emittiert werden?

In einem zweiten Schritt werden die kumulierten Kohlenstoffemissionen (C-Emissionen) in der Atmosphäre seit der Industrialisierung und die möglichen Zunahmen gemäss Szenarien – das heisst unter Beachtung der Bevölkerungs- und Wirtschaftsentwicklung – ausgewiesen:
Seit 1860 (Stand zirka 100 Gigatonnen = Gt C) haben die Kohlenstoffe um zirka +240 Gt C zugenommen. Rund 120 bis 160 Gt C sind dabei auf die Verbrennung fossiler Energieträger zurückzuführen. 80 bis 120 Gt C wurden durch Abholzung und Verbrennung von Wäldern und geänderte Landnutzung verursacht.

Abb. 5.2: **Kumulation des Kohlenstoffs (C) in Gigatonnen (Gt) für verschiedene CO2-Konzentrationen**



IS92e – 550 ppvm: Szenarien mit zu hohen CO2-Emissionen

450 ppvm: Mit CO2-Konzentration auf der sicheren Seite

Quelle: BOLIN, 1995, Figure 6, S.7

Die potentielle Kohlenstoff-Akkumulation in den nächsten Jahrzehnten in Abhängigkeit unterschiedlicher CO2-Konzentrationen in der Atmosphäre wird in Abbildung 5.2 dargestellt: Bei einer CO2-Konzentration von 450 ppmv sind bis ins Jahr 2050 zusätzlich zirka 400 Gt C zugelassen. Bis ins Jahr 2100 sind es zirka 600 Gt C: Darin drückt sich aus, dass bei gleichbleibender CO2-Konzentration die Erwärmung über eine längere Zeit noch zunehmen wird. Erst nach einer längeren Übergangszeit stabilisieren sich die CO2-Emissionen.

Bei einer CO2-Konzentration von 750 ppmv steigt die Kohlenstoff-Akkumulation auf zirka 1250 Gt C an. Bei dieser CO2-Konzentration wären bereits massive Erwärmungen von +5°C (+2°C bis +7°C) zu erwarten.
Wie die noch zulässigen 400 Gt C beansprucht werden, hängt wesentlich vom zukünftigen Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum ab: In der Tabelle 5.1 werden die wichtigsten Trendszenarien des IPCC und der Weltbank dargestellt.

Tabelle 5.1: **Szenarien IPCC/Weltbank – Akkumulierte CO2-Emissionen** in Gigatonnen Kohlenstoff bei unterschiedlichem Wachstum

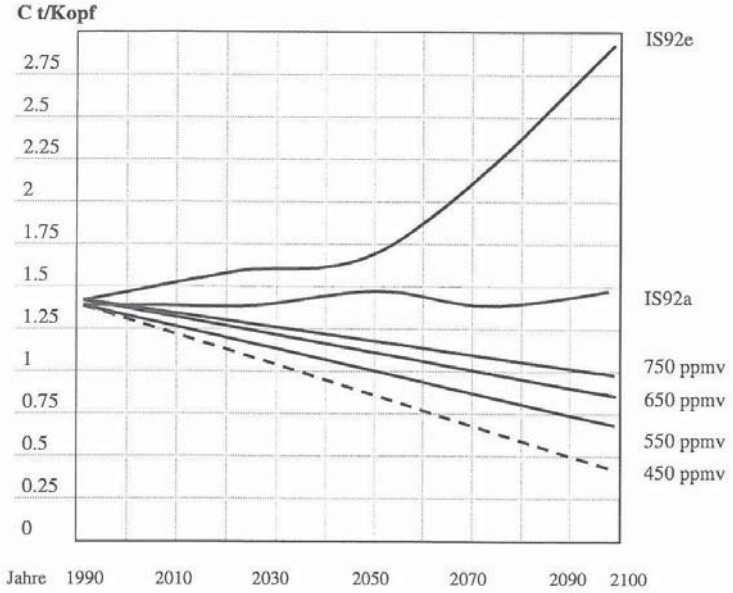
Szenario IPPC/ Weltbank	Bevölkerung bis 2100 in Mrd.	Wirtschaftswachstum in Prozent BSP pro Jahr	C-Emissionen im Jahr 2100 akkumuliert
Tief IS92c	6.5	1990-2025: +2.0%/a 1990-2100: +1.2%/a	Akkumuliert: 770 Gt C Pro Jahr ca. +7.5 Gt C
Weltbank 1 IS92a	11.3	1990-2025: +2.9%/a 1990-2100: +2.3%/a	Akkumuliert: 1500 Gt C Pro Jahr ca. +10 Gt C
Weltbank 2 IS92e	11.3	1990-2025: +3.5%/a 1990-2100: +3.0%/a	Akkumuliert: 2190 Gt C Pro Jahr: ca. +15 Gt C

Quelle: IPCC (1996)

Es zeigt sich, dass beim Szenario Tief (IS92c), das heisst bei einem geringen – und eher unwahrscheinlichen – Bevölkerungswachstum (Jahr 2100: 6.5 Milliarden Erdbewohner, Stand 1990: 5 Milliarden) und einem relativ geringen weltweiten Wirtschaftswachstum von +1.2 Prozent bzw. +2 Prozent, eine Verdreifachung der kumulierten CO2- bzw. C-Emissionen angenommen wird. Das Szenario ist in etwa identisch mit einer Verdoppelung der CO2-Konzentration (560 ppmv).

Zwei weitere Szenarien (IS92a bzw. IS92e) gehen von einem relativ hohen, aber wahrscheinlichen Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum aus. Sie führen zu enorm hohen CO2-Akkumulationen. Das CO2-Konzentrations-Niveau von 750 ppmv wird bei weitem übertroffen. Mit anderen Worten bedeutet dies, dass bei den Trendszenarios mit relativ hohen Wachstumsraten mit einer Temperaturerhöhung von über +5°C (Spannbreite: +2° bis +7°C) zu rechnen ist, falls keine Gegenmassnahmen ergriffen werden.
Abgestützt auf kumulierte CO2-Konzentrations-Berechnungen und Annahmen zum Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum können die zu erwartenden C-Werte pro Kopf berechnet werden. Einen Überblick vermittelt die Abbildung 5.3.

Abb. 5.3: **Kohlenstoff (C) -Emissionen in Tonnen pro Kopf und IPCC-Szenarien**



Quelle: BOLIN, 1995, S. 8, Figure 7

Aus der Abbildung 5.3 geht hervor, dass falls die CO2-Konzentration von 450 ppmv bis ins Jahr 2100 nicht überschritten werden soll, eine Reduktion der C-Emissionen von zirka -1.3 t C (= -4.8 t CO2) pro Kopf auf -0.25 t C (zirka -1 t CO2) pro Kopf vorgenommen werden sollte. Dies entspricht einer Reduktion um -70 bis -80 Prozent der durchschnittlichen pro Kopf CO2-Emissionen. Bis zum Jahr 2050 ist – bei einer Konzentration von 450 ppmv – eine Halbierung der CO2-Emissionen pro Kopf vorzunehmen.

Exkurs: Weltweite Reserven an fossilen Energieträgern

Ein Blick auf die Reserven der fossilen Energieträger zeigt, dass die Nachfrage in einem Trendszenario, das von einem hohen Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum ausgeht (vergleiche dazu Szenario des IPCC IS92a), weit über das nächste Jahrhundert hinaus gedeckt werden kann. So kann ein Mehrfaches der zulässigen Emissionen produziert werden. Die hohen Reserven lassen es für die nächsten Jahrzehnte auch als unwahrscheinlich erscheinen, dass automatisch eine Stabilisierung des Verbrauchs – etwa über höhere Preise – zustande kommen wird.

Tabelle 5.2: **Schätzungen der Reserven fossiler Energieträger**

Öl	200 - 300 Gt C
Gas	200 - 350 Gt C
Kohle	5000 - 7000 Gt C
Total	5400 - 7650 Gt C

Quelle: BOLIN (1995)

5.1.2 Schätzungen der zulässigen CO2-Emissionen für Deutschland

In Deutschland sind – abgestützt und ergänzend – zu den Schätzungen des IPCC zwei Untersuchungen zu den zulässigen CO2- bzw. Treibhausgas-Emissionen durchgeführt worden: Einerseits handelt es sich um die Berechnungen der Enquête-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre" des Deutschen Bundestages (Enquête-Kommission, 1995), welche den umfassenden Bericht „Mehr Zukunft für die Erde" publiziert hat. Anderseits ist im Jahresgutachten 1994 des Wissenschaftlichen Beirats der Bundesregierung „Globale Umweltveränderungen" der Bundesregierung (WBGU) mit einem alternativen Ansatz zum IPCC eine Kalkulation der zulässigen Emissionen vorgenommen worden. Die wichtigsten Ergebnisse finden sich in Tabelle 5.3.

Tabelle 5.3: **Schätzungen Enquête-Kommission und Wissenschaftlicher Beirat (WBGU)**

	Annahmen	Reduktions-ziele	Bemerkungen
Enquête-Kommission (1995, S. 96 ff.)	- Mittlere globale Erwärmungsobergrenze von 2°C im Jahr 2100 gegenüber 1860 - Mittlere Erwärmungsrate von 0.1°C pro Jahrzehnt soll nicht überstiegen werden - Die Abschätzungen stützen sich weitgehend auf IPCC 1990	Bis 2100: - CO2: - 70 % - N2O: - 50% - CH4: - 5%	- Allenfalls sind weitergehende Reduktionen nötig - Die Treibhauskonzentrationen erreichen im Jahr 2033 den Höhepunkt. Im Jahr 2100 liegen sie um +10% über dem Stand von 1990.
Wissenschaftl. Beirat der Deutschen Bundesregierung (1996,WBGU)	- Bewahrung der Schöpfung - Vermeidung unzumutbarer Kosten - Zunahme der globalen Durchschnittstemperatur um 1.3°C - +0.2°C Temperaturzunahme pro Jahrzehnt = 5% Anpassungskosten des BSP als Obergrenze - Basisjahr: 1995	Jahr 2050 für CO2: -40% bis -70% Jahr 2100 für CO2: -70 bis -80% Jahr 2150 für CO2: ca. -90%	- Die Annahmen entsprechen dem CO2-Konzentrationsniveau von 450 ppmv - Ziele für Annex-Länder I (Industrieländer)

Insgesamt gelangen die Deutschen Studien zu weitgehend deckungsgleichen Resultaten wie das IPCC: Für die industrialisierten Länder werden mit Bezug auf das Jahr 1990 bzw. 1995 Reduktionen um -40 Prozent für das Jahr 2050 und um -70 Prozent für 2100 empfohlen. Die Enquête-Kommission enthält ebenfalls Reduktionsziele für das Methan (-5 Prozent) und das Lachgas (-50 Prozent). Die Studien erachten eine Erwärmung um maximal +0.1°C bis +0.2°C pro Jahrzehnt in den kommenden Dekaden als tolerierbar. Zudem werden Anpassungskosten in der Höhe von 5 Prozent des Bruttosozialprodukts akzeptiert.

Fazit

Die internationalen Szenarien für eine tragfähige CO2-Konzentration zeigen, dass für weitere Emissionen ein relativ geringer Spielraum besteht. Soll die CO2-Konzentration von 450 ppmv nicht überschritten werden, so muss bis ins Jahr 2050 weltweit mindestens eine Halbierung der CO2-Emissionen vorgenommen werden. Bis 2100 sind es über -70 bis -80 Prozent. Mit den Schätzungen des IPCC aus dem Jahre 1995 – gegenüber 1990 – hat sich das Fenster der zulässigen CO2-Emissionen etwas geöffnet. Weiterhin ist aber ein anspruchsvoller Absenkpfad nötig; es steht allerdings mehr Zeit zur Verfügung, ohne dass die kritischen Grenzen überschritten werden.
Mit Blick auf mögliche Trendszenarien ergibt sich ein enormer Handlungsbedarf. Eine radikale Umsteuerung ist einzuleiten. Selbst bei einem geringen Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum müssen gewichtige Anstrengungen unternommen werden.

5.1.3 Verteilung der Nutzungsrechte am verbleibenden Emissionsbudget

Die Zuteilung der Nutzungsrechte am verbleibenden Emissionsbudget auf einzelne Länder ist von zentraler Bedeutung. In der wisssenschaftlichen Diskussion sind bisher verschiedene mögliche Verteilungsansätze analysiert worden. Die Wahl eines bestimmten Verteilungsschlüssels ist integrierender Teil der Klimapolitik.

In der Diskussion befinden sich verschiedene Ansätze für die Wahl eines Verteilungsschlüssels (WBGU, 1996, S. 116):

a) Gleichverteilung der Reduktionslasten auf die Annex-I-Staaten bei Einfrieren des Emissionskontingentes der Entwicklungsländer (Historischer Ansatz)

b) Zuweisung der Verschmutzungskontingente ausschliesslich aufgrund der aktuellen demographischen Gewichte der einzelnen Länder (Pro-Kopf-Ansatz)

c) Berechtigung zur befristeten linearen Ausweitung der Emissionen (Verdoppelung der CO2-Emissionen für Entwicklungsländer innerhalb von 50 Jahren) mit anschliessender globaler Gleichverteilung der verbleibenden Reduktionslasten

Es ist letztlich eine politische Frage, nach welchen Kriterien die noch zulässigen Emissionskontingente auf einzelne Ländergruppen bzw. Länder aufgeteilt werden. Die internationale Staatengemeinschaft ist in ihrer Handlungsfähigkeit gefordert.

5.2 Treibhausgas-Emissionen in der Schweiz

Die Schweiz verfügt über gute Datengrundlagen über Treibhausgasemissionen. Die wichtigsten Daten werden im Rahmen der Berichterstattung gegenüber der UNO-Klimakonvention zusammengestellt. Es liegt bereits der zweite Statusbericht vor (BUWAL/FOEFL, 1997, UN Framework Convention on Climate Change: Second National Communication of Switzerland, Bern 1997). Im folgenden werden die wichtigsten Ergebnisse über Ausgangslage sowie künftige Entwicklung zusammengestellt und kurz kommentiert.

5.2.1 Treibhausgas-Emissionen 1995 im Überblick

Die CO2-Emissionen machen im Jahr 1995 mit 44.2 Millionen Tonnen den grössten Anteil der Treibhausgase aus (vergleiche dazu Tabelle 5.4). Von dieser Bruttobelastung können CO2-Absorbtionen durch Wälder von 5.1 Millionen Tonnen abgezogen werden, so dass eine Nettobelastung von 39.1 Millionen Tonnen ausgewiesen wird. In diesem Wert sind die CO2-Emissionen durch den Flugverkehr, der die Schweiz verlässt, nicht eingeschlossen. Sie betragen 2.4 Millionen Tonnen, wobei es bis heute ein ungelöstes Problem darstellt, welchem Land die Belastungen anzurechnen sind. Ebenfalls werden die importierten oder grauen CO2-Emissionen nicht aufgeführt.

Tabelle 5.4: **Überblick Treibhausgas-Emissionen 1995 in der Schweiz**

Quellen-/Senken-Kategorie	CO_2 Mio. t	CH_4 in 1000 t	N_2O in 1000 t	No_x in 1000 t	CO in 1000 t	NMVOC in 1000 t
Energie insgesamt	**40.2**	**21**	**20**	**127**	**488**	**74**
Verbrennung	(40.1)	(7.8)	(2.0)	(126.8)	(488)	(65.6)
Verflüchtigung	(0.07)	(12.8)	(0.0)	(0.15)	(0.0)	(8.2)
Industrieproduktion	2.6	0.4	0.31	0.33	20.6	7.6
Lösungsmittel	-	-	0.38	0.04	0.09	117
Landwirtschaft*)	n.g.	148	8.8	n.g.	5.9	0.3
Abfallwirtschaft	1.3	66.5	0.28	6.3	5.5	1.9
Total Emissionen brutto	**44.2**	**235**	**11.8**	**134**	**510**	**201**
Landnutzungsänderung und Forstwesen	-5.1	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.
Total Emissionen netto	**39.1**	**235**	**11.8**	**134**	**510**	**201**
Internat. Flugverkehr	(2.4)					

*) Daten z.T. unvollständig

Quelle: UN Framework Convention on Climate Change: Second National Communication of Switzerland, 1997

Methan (CH_4), Lachgas (N_2O), weitere Treibhausgase

Die Methan-Emissionen betragen 235'000 Tonnen. Der grösste Teil ist auf die Landwirtschaft zurückzuführen.
Die Lachgas-Emissionen betragen für das Jahr 1995 11'800 Tonnen. 75 Prozent davon stammen aus der Landwirtschaft. Eine weitere wesentliche Quelle stellt mit 15 Prozent der Verkehr dar.
Als weitere Treibhausgase werden HFC (200 Tonnen), PFC (5 Tonnen), SF6 (30 Tonnen) bezeichnet. Sie sind anteilmässig relativ gering, allerdings weisen sie zum Teil hohe Wachstumsraten auf.

Vorläufersubstanzen als Teil der Treibhausproblematik

Die NOX-Emissionen betragen 134'000 Tonnen. Zu 61 Prozent stammen sie aus dem Verkehr. Kleinfeuerungen (Wohnen/Handel/Gewerbe) machen 11 Prozent aus.
Die Kohlenmonoxid-Emissionen (CO) betragen im Jahr 1995 510'000 Tonnen. Zu 63 Prozent ist der Verkehr Verursacher. Je etwa 10 Prozent sind auf Kleinfeuerungen und den Sektor "off road" (Baumaschinen, Rasenmäher usw.) sowie das Militär zurückzuführen.
1995 wurden 201'000 Tonnen flüchtige Kohlenwasserstoffe (NMX/VOC) emittiert. Hauptquellen sind Lösungsmittelanwendungen (58 Prozent) und Verkehr (25 Prozent).

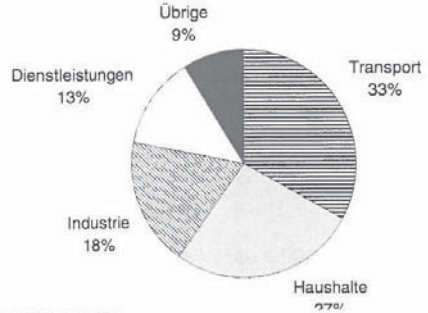
5.2.2 Verursacher der CO2- und Methan-Emissionen

Die Verursacher des CO2

Nach Verursachern teilen sich die CO2-Emissionen wie folgt auf (vergleiche dazu Abbildung 5.4 und Tabelle 5.5 im Anhang A-5):

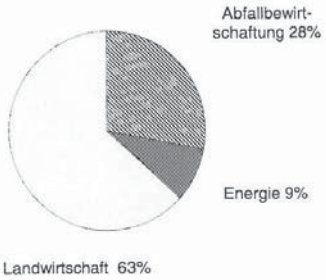
- Dem Transport sind 14.6 Millionen Tonnen CO2 oder 33 Prozent der gesamten CO2-Emissionen anzurechnen.
- Auf die Haushalte entfallen 12 Millionen Tonnen oder 27 Prozent, die Industrie emittiert 8 Millionen Tonnen (13 Prozent) und auf Dienstleistungen entfallen 5.8 Millionen Tonnen oder 13 Prozent. „Übrige" werden mit 4 Millionen Tonnen oder 9 Prozent ausgewiesen.

Abb 5.4: **CO_2-Emissionen 1995 nach Verursachern**



Quelle: BUWAL 1997

Abb. 5.5: **Methan (CH_4)-Emissionen 1995**



Methan (CH4)-Emissionen nach Verursachern

Die gesamten Methan-Emissionen betragen für das Jahr 1995 235'000 Tonnen. Dabei stammen 148'000 Tonnen oder 64 Prozent aus der Landwirtschaft. Die Abfallwirtschaft ist mit 66'500 Millionen Tonnen oder 28 Prozent der zweitwichtigste Verursacher von Methan. Weiter ist die Benutzung von Energie (Verteilung) zu erwähnen.

Quelle: BUWAL 1997

5.2.3 Gesamtemissionsbilanz: Das Global Warming Potential

Das Erwärmungspotential für die verschiedenen Treibhausgase (Global Warming Potential - GWP, vergleiche dazu IPCC, 1995) kann im Rahmen einer Gesamtemissionsbilanz berechnet werden. Gleichzeitig wird der Stellenwert der einzelnen Treibhausgase aufgezeigt. Eine Übersicht vermittelt Tabelle 5.7.

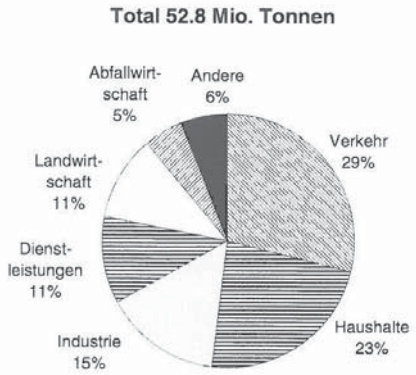
Tabelle 5.7: **CO_2-Äquivalente 1995 nach Treibhausgasen**

	Mio. Tonnen	Anteil in Prozent
Kohlendioxid (CO_2)	44.35	84
Methan (CH_4)	4.75	9
Stickstoffoxid (N_2O)	3.70	7
Total CO2-Äquivalente	52.80	100

Quelle: UN Framework Convention on Climate Change:
Second National Communication of Switzerland, 1997

Ausgehend von einem Zeithorizont von 100 Jahren wird für das Erwärmungspotential von CO2 der Faktor 1 eingesetzt. Für Methan ist das GWP 21 mal grösser, für Lachgas 310 mal: Werden die Faktoren für das Erwärmungspotential berücksichtigt, so vergrössert sich das Gewicht von Methan und Lachgas also massiv.

Abb.5.6: **CO2-Äquivalente Bruttoemissionen1995 nach Sektoren**
(ohne Emissionen internationaler Luftverkehr)



Insgesamt ergeben sich Brutto-Treibhausgas-Emissionen von 52.8 Millionen Tonnen CO2-Äquivalente. Werden die Kohlenstoffsenken berücksichtigt (primär Absorbtion des Waldes), so reduziert sich dieser Wert auf eine Nettoemission von 47.7 Millionen Tonnen CO2 Äquivalente.

Quelle: UN Framework Convention on Climate Change:
Second National Communication of Switzerland, 1997

5.2.4 Graue Treibhausgase

BIEDERMANN/HOFSTETTER/SCHLÄPFER (1992) weisen nach, dass die Schweiz einen erheblichen Import-Überschuss (Bilanz von Importen und Exporten) an grauen Treibhausgasen aufweist. Sie gelangen in Form von Rohstoffen und Waren in die Schweiz. Für das Jahr 1988 weisen sie folgende Werte aus (vgl. Tabelle 5.9).

Tabelle 5.9: **Graue Treibhausgase: Importüberschuss für die Schweiz**

	Millionen Tonnen bzw. Tonnen	Anteil Emissionen ganze Schweiz in %
Kohlendioxid (CO_2) Mio. t	4'000	97.27
Kohlenmonoxid (CO) t	1'400	0.03
Methan (CH_4) t	62'000	1.51
Flüchtige Kohlenwasserstoffe (VOC) t	38'000	0.92
Stickoxide (NO_X) t	11'000	0.27
Total CO2-Äquivalente		100.00

Fazit

Für die Treibhausgas-Emissionen in der Schweiz liegen gute Daten vor. Nur bei den Treibhausgasen HFC, PFC und SF6 sind noch gewisse Unklarheiten vorhanden. Bei der Berechnung der Treibhausgase wird gemäss IPCC nach dem Inland-Prinzip verfahren. Dadurch werden insbesondere die Emissionen des Flugverkehrs – der eine stark steigende Tendenz aufweist – aus der Treibhausstatistik ausgeklammert.

Zudem werden die importierten Treibhausgase oder die „grauen" Teibhausgase – in Übereinstimmung mit der Klimakonvention – von offizieller Seite bisher nicht erfasst: Sie sind für die Schweiz von einiger Bedeutung; die Vernachlässigung der grauen Treibhausgase darf nicht darüber hinwegtäuschen, dass die Pro-Kopf-Emissionen bei umfassender Betrachtung merklich höher liegen würden.

5.2.5 Entwicklungstendenzen für Treibhausgase in der Schweiz

Für die Schweiz werden im Rahmen des Greenhouse Gas Inventory (BUWAL, 1997) mögliche Entwicklungstrends für Treibhausgase evaluiert. In den neuesten Berechnungen wird der Zeitraum 1990 bis 2010 abgedeckt.

Für die energiebedingten CO2-Emissionen sind zudem detaillierte Schätzungen bis ins Jahr 2030 erstellt worden. Diese werden ausführlich im Kapitel 6 diskutiert. Im folgenden wird auf die Schätzungen des Greenhouse Gas Inventory eingegangen.

Treibhausgase 1995 bis 2010

Die CO2-Emissionen nehmen im Trendszenario im Zeitraum 1990 bis 2010 um zirka +4.5 Prozent zu. Dabei sind die Haushalte und die Dienstleistungen leicht rückläufig. Für die Industrie kann Stabilität festgestellt werden. Eine recht massive Zunahme ist beim Verkehr festzustellen (vergleiche dazu ausführlich Kapitel 6).

Die Methan-Emissionen sollen bis zum Jahr 2010 abnehmen. Im wesentlichen ist dies auf Massnahmen bei der Abfallbewirtschaftung zurückzuführen. Im Bereich Energieversorgung werden bei der Gasversorgung Verluste eingedämmt. Die Landwirtschaft bleibt praktisch konstant. Für das Lachgas wird mit einer Abnahme von -4.2 Prozent gerechnet.

Für HFC, PFC und SFF6 liegen keine Prognosen vor. Allerdings wird bei uneingeschränkter Entwicklung für gewisse Anwendungen (Kühlen, Klima etc.) jedoch ein rasches Wachstum erwartet: So werden für die HFC-Emissionen jährliche Zuwachsraten von +20 Prozent im Bereich der Kühlung und der Klimaanlagen angenommen. Für Isolierschäume sind es +3 bis +5 Prozent und für Sprühdosentreibmittel +100 Prozent.

Entwicklung der CO2-Äquivalente

Tabelle 5.10: **Entwicklung der Emissionen insgesamt (CO_2, CH_4, N_2O) in CO_2-Äquivalenten**

Emmissionen aus:	1995	2010
Energie 1)	44.0 2)	45.9
Industrieproduktion	2.7	2.7
Lösungsmittel	0.1	0.1
Landwirtschaft	5.8	5.4
Landnutzungsänderung/Forstwirtschaft	-5.1	-5.1
Abfallwirtschaft	2.8	2.4
Total	**50.4 2)**	**51.4 (+2%)**

1) inkl. internationaler Flugverkehr: 1995: 2.4 Millionen Tonnen CO2
2010: 3.2 Millionen Tonnen CO2

2) Modellwert, klimabereinigt

Die Schätzungen der CO2-Äquivalente (CO2, CH4, N2O mit GWP-Faktor gewichtet) zeigen, dass im Rahmen der bisher beschlossenen Massnahmen mit einer geringfügigen Zunahme gerechnet wird.
Für die Vorläufersubstanzen wird mit einer recht massiven Abnahme gerechnet. Zwischen 1995 und 2010 werden folgende Veränderungen erwartet:

Stickoxide (NOX)	-18%
Kohlenmonoxide (CO)	-28%
Flüchtige Kohlen-Wasserstoffe (NMXVOC)	-19%

Fazit

Die vorliegenden Schätzungen der zukünftigen Treibhausgas-Emissionen rechnen mit Stabilität. Es wird deutlich, dass zusätzliche Massnahmen notwendig sind, wenn Reduktionen erreicht werden sollen.

5.3 Reduktionsziele für die Schweiz

In der Tabelle 5.11 werden vorliegende Studien und Dokumente präsentiert, welche CO2- Reduktionsziele für die Schweiz diskutieren bzw. vorschlagen.

Die Studien der NGO (INFRAS, 1996) und Vision 2050 des Kantons Zürich legen für das Jahr 2050 CO2-Reduktionsziele für die Schweiz von -60 bis -80 Prozent fest. Ausgehend von den IPCC-Szenarien bzw. der Deutschen Enquête-Kommission werden prozentuale Reduktionsziele auf die Schweiz übertragen. Die NGO-Studie schliesst die grauen CO2-Emissionen ein.

Das BEW-Szenario IV (PROGNOS, 1997 – vergleiche ausführlich dazu Kapitel 6) geht ebenfalls von den IPCC Szenarien des Jahres 1990 aus. Es wird eine CO2-Reduktion von -60 Prozent für das Jahr 2030 vorausgesetzt, um im Jahre 2050 eine Reduktion von -80 Prozent zu erreichen.

Die CO2-Botschaft des Bundesrats vom Jahre 1997 (BOTSCHAFT CO2-GESETZ, 1997) postuliert eine Reduktion von -10 Prozent für das Jahr 2010, gemessen am CO2-Niveau von 1990 von 44.2 Millionen Tonnen.

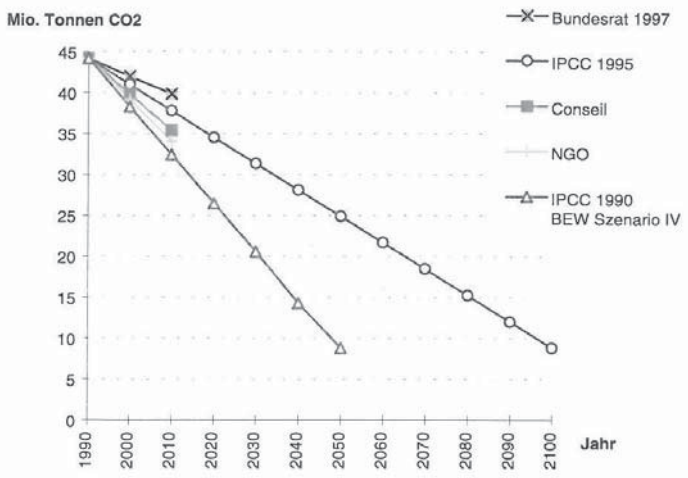
Weiter geht der Bericht des „Conseil du developpement durable" (BUWAL, 1997): Es wird eine Reduktion von -20 Prozent bis zum Jahr 2010 vorgeschlagen.

Bei allen CO2-Reduktionsszenarien für die Schweiz sind bisher keine Überlegungen zum Einbezug der weiteren Treibhausgase wie Methan, Lachgas vorgenommen worden.

Tabelle 5.11: **Reduktionsziele für die Schweiz**

Studie	Ausgangswerte	Reduktionsziele	Bemerkungen
INFRAS/NGO (1996)	CO2-Konzentration 450 ppmv Weltweit 10 Gt CO2 im Jahr 2050 Bevölkerung: 10 Milliarden im Jahr 2050 Emissionen Schweiz 1990: - 6.3 t CO2 - 9.3 t CO2 inkl. Graue CO2-Emissionen - Ausstieg aus der Kernenergie bis 2010	Weltweit: 2050: - 50% 2100: - 70% Europa 2010: 5.4 t CO2 pro Kopf/Jahr Schweiz 2010: - 23% oder - 2.2 t CO2 (inkl. graue CO2-Emissionen) 2050: - 64% oder - 6 t CO2 (inkl. graue CO2-Emissionen)	- mit 450ppmv wird eine gewisse Klimaerwärmung zugelassen - prozentuale Verteilung pro Kopf - Einbezug der grauen Energie - keine weiteren Treibhausgasziele (Methan, Lachgas)
Szenario IV **Bundesamt für Energiewirtschaft (BEW)**	IPPC- Szenario: Stabilisierung auf 350 ppmv im Jahr 2050: - 80% - 60% im Jahr 2030	Jahr 2030 - 60%	- Stabilisierung des Klimas angenommen - prozentuale Verteilung pro Kopf - keine graue Energie beachtet - keine Treibhausgasziele
Vision 2050 **Kanton Zürich**	Werte der Deutschen Enquête-Kommission	Jahr 2050: - 80% oder 1.7 t CO2 pro Kopf	- Stabilisierung des Klimas angenommen - prozentuale Verteilung pro Kopf - keine graue Energie - keine weiteren Treibhausgase
Conseil du développement durable (1997)	Schweiz Emissionen: 6.7 t CO2 im Jahr 1992	Jahr 2010: -20% oder -1.4 t CO2 langfristig: Weitere Reduktion gemäss neuesten Erkenntnissen	- kein expliziter Bezug auf internationale Studien - pragmatischer Ansatz ohne Angabe eines Verteilschlüssels
CO2-Gesetz Bundesrat 1997	expliziter Bezug auf IPPC Studien Klimakonvention inklusive Konferenz der Vertragsparteien der Klimakonvention (CoP 1- 3)	Jahr 2010: -10% Sektorziele für: Brennstoffe: -15% Treibstoffe: -5%	- Teil der UNO-Klimakonvention - für die Zeit nach 2010 sollen weitere Reduktionsschritte folgen

Abb. 5.7: **Absenkpfad für CO2-Emissionen für die Schweiz**



Die Bundesrätliche CO2-Vorlage verfehlt den Absenkpfad des IPCC 1990 und auch des IPCC 1995 recht deutlich. Es müssten nach dem Jahr 2010 stärkere Massnahmen eingeleitet werden, falls der Absenkpfad erreicht werden soll.

Fazit

In Anlehnung an die internationalen Studien zu einer nachhaltigen CO2-Konzentration sind für die Schweiz Absenkpfade zur Diskussion gestellt worden. Im Gegensatz zur offiziellen Botschaft des Bundesrats für ein CO2-Gesetz empfehlen alle anderen Studien und Berichte teilweise weit ambitiösere Reduktionsziele. Ebenfalls wird mit einem längeren Zeithorizont gearbeitet. Die Zielsetzungen beziehen sich bisher nur auf das CO2. Weitere Treibhausgase sind bisher nicht ins Visier genommen worden.

6. Massnahmen zur Reduktion der Treibhausgase und ihre Auswirkungen

Im Auftrage des Bundesamtes für Energiewirtschaft (BEW) sind umfassende Energie- und CO2-Szenarien entwickelt worden, welche – neben einer Referenzentwicklung (Szenario I) – die Effekte von Energie- bzw. CO2-Massnahmen unterschiedlicher Intensität behandeln: Es wird gezeigt, mit welchen Massnahmen welcher CO2-Emissions- bzw. Absenkpfad zu erreichen ist.
Analysiert worden sind – von den BEW-Studien und anderen Untersuchungen – auch die Auswirkungen auf Struktureffekte (u.a. Brancheneffekte) sowie auf wichtige ökonomische Grössen wie Bruttoinlandprodukt, Produktion, Aussenwirtschaft und Beschäftigung. Die Arbeiten zeigen, um wieviel der Energieverbrauch und der CO2-Ausstoss bei gleicher wirtschaftlicher Leistung reduziert werden könnten.
Die Ergebnisse der Analysen hängen in einem hohen Ausmass von den angenommenen Rahmendaten, den verwendeten Modellen mit den entsprechenden Annahmen (Verhaltensannahmen der Wirtschaftssubjekte, Reaktionsmechanismen etc.) ab. Neben der inhaltlichen Präsentation der wichtigsten Ergebnisse wird deshalb im folgenden auf die zentralen Annahmen eingegangen, um eine angemessene Bewertung vornehmen zu können.

6.1 Energieperspektiven und CO2-Emissionen

6.1.1 Die Definition der Szenarien im Überblick

Die Perspektiven des BEW für den Energieverbrauch und die CO2-Emissionen umfassen insgesamt acht Szenarien, wobei vier Hauptszenarien zu unterscheiden sind. Tabelle 6.1 vermittelt einen Überblick:

Tabelle 6.1: **Überblick Energieszenarien mit Annahmen Energiepolitik**

Szenario I: Beschlossene Massnahmen	
Energienutzungsbeschluss (ENB), Energie 2000, Luftreinhaltepolitik	
Szenario II: Beabsichtigte Massnahmen	
IIa	Beschlossene Massnahmen plus Energiegesetz, leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe, Finanzierung ÖV (NEAT-Zehner)
IIb	IIa plus CO2-Abgabe-Gesetz
Szenarien III: Volksinitiativen	
IIIa	IIa plus Energie-Umwelt-Initiative
IIIb	IIa plus Solarinitiative
IIIc	IIa plus Energie-Umwelt- und Solarinitiative
IIId	IIa plus modifizierte Solarinitiative (halber Abgabesatz, gelockerte Zweckbindung der Einnahmen)
Szenario IV: Verstärkte Klimapolitik (Klimaszenario)	
IV	Lenkungsabgaben: +200 bis +230 Prozent, international harmonisiert

Quelle: Aktionsprogramm Energie 2000 (1997), S. 59

Das Szenario I besteht aus bereits beschlossenen Massnahmen, Szenario IIa nimmt zusätzlich das Energiegesetz auf, Szenario IIb darüber hinaus eine CO2-Abgabe in zwei verschiedenen Varianten. Die Szenarien IIIa bis IIId beruhen auf der Energie-Umwelt-Initiative sowie der Solarinitiative, inklusive Variation mit halbem Abgabesatz.

Das Szenario IV ist als Klimaszenario zu bezeichnen: Die internationalen Klimaziele werden aufgenommen (vergleiche dazu Kapitel 5), und die Möglichkeiten einer CO2-Reduktion um -25 Prozent im Jahr 2010 bzw. -60 Prozent bis zum Jahr 2030 werden untersucht. Dieser Absenkpfad müsste in der Schweiz beschritten werden, um die Klimaziele des IPCC für ein entwickeltes industrialisiertes Land von -80 Prozent bis ins Jahr 2050 zu erreichen (vergleiche dazu Kapitel 5).

Fazit

Die BEW-Szenarien decken einen breiten Fächer möglicher Entwicklungspfade ab. Es ist sinnvoll, die Klimadiskussion für die Schweiz anhand dieser Untersuchungen zu behandeln. Die wichtigsten Fragen, Probleme und Zusammenhänge können in diesem Rahmen erläutert werden. Zusätzlich besteht der Vorteil, dass die Diskussion nicht nur abstrakt geführt werden muss.

6.1.2 Die Rahmendaten der Szenarien

Allen BEW-Szenarien liegen dieselben Rahmendaten zur Entwicklung der Bevölkerung und Wirtschaft zugrunde (vergleiche dazu Übersicht Tabelle 6.2). Die Wirtschaftsentwicklung wird relativ optimistisch eingeschätzt: Für den Zeitraum 1990 bis 2010 wird ein jährlicher durchschnittlicher Anstieg von +1.7 Prozent des Bruttoinlandprodukts (BIP) angenommen, für den Zeitraum 2010 bis 2030 ein Anstieg um +1.3 Prozent. Insgesamt entspricht dies einer Zunahme des BIP um +84 Prozent für die Jahre 1990 bis 2030. Die Bevölkerung steigt bis 2010 um +840'000 Personen, danach wird bis 2030 ein Rückgang um zirka -110'000 erwartet. Die realen Energiepreise nehmen langfristig nur moderat zu.
Die reale Wertschöpfung wird für die Industrie mit +72 Prozent, für die Dienstleistungsbranche mit +92 Prozent angenommen. Innerhalb des Industriesektors ist der Anteil der Blue-Color-Workers rückläufig, büroorientierte Tätigkeiten nehmen hingegen zu. Recht bedeutsam ist der erwartete Anstieg des Flächenverbrauchs von +45 Prozent für Wohnungen. Der Personenverkehr soll um +45 Prozent, der Güterverkehr sogar um +125 Prozent zunehmen.

Eher optimistische Annahmen

Die Rahmendaten für die BEW-Szenarien sind als recht optimistisch zu bezeichnen. In den 90er Jahren wurden die festgelegten Wachstumsannahmen nicht erreicht. Es kann aber nicht ausgeschlossen werden, dass nach der konjunkturellen Baisse der Schweizer Wirtschaft in den 90er Jahren wiederum eine längere Wachstumsphase einsetzt. Mit den gewählten Rahmendaten wird grundsätzlich ein zu hoher Energiekonsum geschätzt. Wegen des relativ hoch eingeschätzten wirtschaftlichen Wachstums dürften die CO2-Emissionen eher im oberen Rand des zu erwartenden Spektrums liegen. Es kann mit recht grosser Sicherheit angenommen werden, dass die wirtschaftlichen Rahmendaten eher zu optimistisch sind und die daraus resultierenden CO2-Emissionen also eher überschätzt werden.

Tabelle 6.2: **Rahmendaten der BEW-Energie- und CO2-Szenarien**

	Absolut 1990	Absolut 2010	Absolut 2030	1995-2010	1990-2010	1990-2030	2010-2030
Bevölkerungsentwicklung	6.9 Mio.	7.6 Mio.	7.5 Mio.		+12.4%		
Zahl der Haushalte	2.8 Mio.	3.5 Mio.			+22.0%		
Bruttoinlandprodukt (BIP)				+1.7%/ Jahr			+1.3%/ Jahr
Reale Wertschöpfung Industrie						+ 72%	
Reale Wertschöpfung Dienstleistung						+ 92%	
Erwerbstätige Industrie						-17%	
Tertiär Beschäftigte Industrie	30%				36%	+6%	
Energiepreise real							
Brenn-Treibstoffe				+1%/ Jahr			+3%/ Jahr
Elektrizität				Ø 0.7%/ Jahr			+ 0.7%/ Jahr
Anzahl Wohnungen	3.2 Mio.		4.1 Mio.			+29%	
Energiebezugsfläche Haushalte	370 Mio. m2		537 Mio. m2			+167 Mio. m2 oder 45%	
Durchschnittliche Wohnungsgrösse	117 m2		131 m2			+12%	
Flächenbedarf pro Erwerbstätiger im Büro	28 m2		36%				
Verkehrsleistungen							
- Personenverkehr	+1.1% Pkm/ Jahr					+43%	
- Güterverkehr	+2.1% tkm/Jahr					+125%	

Quelle: Aktionsprogramm Energie 2000 (1997), S. 60

Abb. 6.1 **Endenergieverbrauch nach den Szenarien I bis IV**

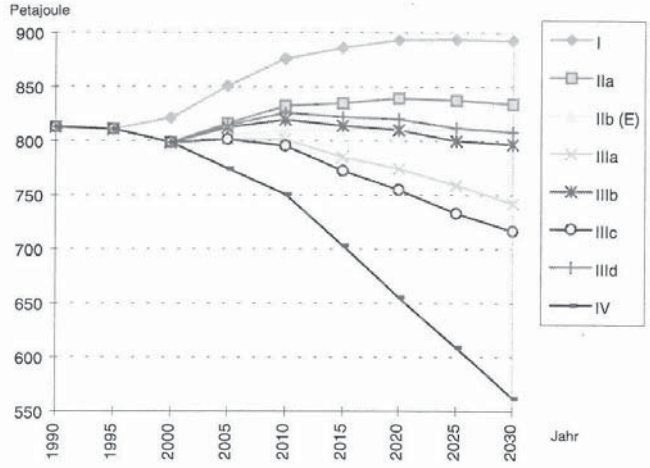
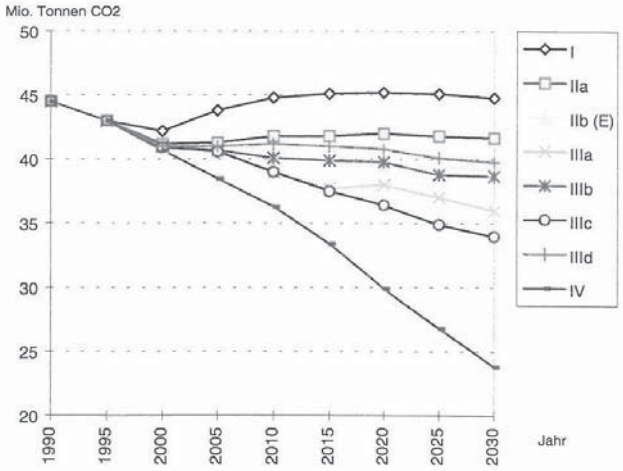


Abb. 6.2: **CO2-Emissionen nach den Szenarien I bis IV**



Quelle: PROGNOS (1996 a)

6.1.3 Szenario I: Kernenergie als sensibler CO2-Faktor

Vor dem Hintergrund der Rahmenbedingungen wächst der Endenergieverbrauch im Szenario I "Beschlossene Massnahmen" [1] bis 2010 (gegenüber 1990 klimabereinigt) um knapp +8 Prozent. Bis 2030 ist der Anstieg mit rund +10 Prozent nur wenig höher. Der Bedarf an fossilen Energieträgern verändert sich bis 2010 nur marginal (+2 Prozent), zwischen 2010 und 2030 stagniert er. Der Verbrauch von Erdgas nimmt – im wesentlichen auf Kosten des Heizöls – deutlich zu. Der Elektrizitätsverbrauch nimmt kontinuierlich zu: 1990 bis 2010: um +19 Prozent, 2010 bis 2030 nochmals um +6.5 Prozent.
In der langfristigen Sicht von 2000 bis 2030 sind Industrie und vor allem Verkehr die verbrauchssteigernden Sektoren. Der Energieverbrauch des Dienstleistungssektors stagniert, jener der Haushalte geht um -4 Prozent zurück.
Nach 2010, wenn mit Stilllegungen von Kernkraftwerken zu rechnen ist und Bezugsrechte für Strom auslaufen, entsteht im Elektrizitätssektor eine Deckungslücke. Diese wird in allen Szenarien durch zwei Angebotsvarianten geschlossen: Variante 1 "Kernenergie und Bezug", Variante 2 "Wärme-Kraft-Koppelung (WKK) und Fossilthermische-Kraftwerke". Im Szenario I beträgt die Deckungslücke 16 TWh (Winter 2030). Rund 90 Prozent dieser Lücke werden in der Deckungsvariante 2 durch fossilthermische-Kraftwerke gedeckt, davon wiederum rund 35 Prozent durch fossile WKK-Anlagen.
Die energiebedingten CO2-Emissionen sinken im Szenario I „Beschlossene Massnahmen" auf Basis der Variante 1 der Strombedarfsdeckung (Kernenergie und Bezug) von 44.5 Millionen Tonnen im Zeitraum 1990 bis 2000 um rund 2.0 Millionen Tonnen. Im Jahr 2010 liegen sie mit 44.6 Millionen Tonnen wieder etwa auf dem Niveau von 1990. Dieser Wert wird auch im Jahr 2030 erreicht. Im Fall der Variante 2 der Strombedarfsdeckung liegen die CO2-Emissionen im Jahr 2030 bei 50 Millionen Tonnen: Im Referenzszenario hat die Ausgestaltung der Stromversorgung einen wesentlichen Einfluss auf die Entwicklung der CO2-Emissionen.

6.1.4 Szenario II: CO2-Reduktion von -10 Prozent kann bis 2010 erreicht werden

Das Szenario II umfasst zusätzlich zu den beschlossenen Massnahmen von Szenario I die beabsichtigten Massnahmen in zwei Teilszenarien: Teilszenario IIa enthält als Schwerpunkt ein Energiegesetz und in Teilszenario II b wird zusätzlich eine CO2-Abgabe berücksichtigt. Durch die verschiedenen Einzelmassnahmen in IIa [1] kann der Endenergieverbrauch gegenüber Szenario I bis 2010 um -5 Prozent und bis 2030 um -6.5 Prozent gesenkt werden. Die Einführung der CO2-Abgabe (Einheitssatz) [2] ver-

[1] Eine ausführliche Liste der beschlossenen Massnahmen findet sich im Anhang A-6 Dazu sind etwa zu zählen: Verbrauchsstandards für Geräte, SIA-Normen für Bauten, Verbrauchszielwerte für Fahrzeuge, Fördermassnahmen usw.
[2] Die Massnahmen des Energiegesetzes finden sich im Anhang A-6 . Im wesentlichen werden die „beschlossenen" Massnahmen verstärkt. Ordnungspolitische Instrumente stehen dabei im Vordergrund.
[3] Ausführlich dazu CO2-Gesetz (1997).

mag den Energieverbrauch um weitere -2.5 Prozent (2010) bzw. -3.2 Prozent (2030) zu reduzieren.
In Szenario IIa vermindern sich die CO2-Emissionen bis 2030 gegenüber Szenario I um 3.4 Millionen Tonnen, in Szenario IIb (Einheitssatz) gegenüber IIa um weitere 2.2 Millionen Tonnen, in Szenario IIb (Treibstoffe) um etwa dieselbe Grössenordnung. Damit wird das CO2-Reduktionsziel von -10 Prozent bis 2010 im Vergleich zu 1990 erreicht.

6.1.5 Szenario III: Energie-Umwelt-Initiative und Solarinitiative

Szenario IIIa: Energie-Umwelt-Initiative

Zielsetzung der Energie-Umweltinitiative (Szenario IIIa) ist es, zunächst den Verbrauch nicht-erneuerbarer Energieträger nach 8 Jahren zu stabilisieren und anschliessend während 25 Jahren um durchschnittlich ein Prozent pro Jahr zu reduzieren. Zusätzlich zu IIa wird hierfür eine Abgabe auf nicht-erneuerbare Energieträger eingeführt, welche die Preise der fossilen Energien bis 2030 in etwa verdoppelt und die Preise von Strom um 50 bis 70 Prozent erhöht. Die Einnahmen werden Wirtschaft und Bevölkerung wieder zurückgegeben. Für energieintensive Betriebe werden Sonderregelungen eingeführt, damit die internationale Wettbewerbsfähigkeit bei einem schweizerischen Alleingang nicht gefährdet wird.
Die Abgabe erhöht die Wirtschaftlichkeit von Energiesparmassnahmen, beeinflusst aber auch die Wirtschaftsstruktur: Ausgehend vom Szenario IIa (Referenzszenario für Szenario III) kann durch die Abgabe der Endverbrauch fossiler Energieträger bis 2010 um knapp 5 Prozent gesenkt werden. Im Jahr 2030, wenn die Abgabe wesentlich höher ist, beträgt die Sparrate über 14 Prozent. Die Sparwirkung bei Elektrizität liegt mit 2 Prozent (2010) und knapp 8 Prozent (2030) niedriger als bei Brennstoffen. Durch den niedrigeren Stromverbrauch und den höheren Beitrag nicht-erneuerbarer Energien zur Stromversorgung (+3 Terawattstunden = TWh) wird die Bedeutung des Kernenergiestroms (in Variante 1) bzw. der fossil-thermischen Erzeugung (in Variante 2) klar zurückgedrängt. Die CO2-Emissionen vermindern sich in Variante 1 gegenüber IIa in 2030 um 5.6 Millionen Tonnen und liegen dann noch bei 35.7 Millionen Tonnen. Das sind 8.8 Millionen Tonnen weniger als 1990.

Szenario IIIb: Solarinitiative

Ihr Ziel ist es, die Nutzung der Sonnenenergie sowie die Effizienz und Nachhaltigkeit der Energienutzung zu fördern. Hierzu wird zusätzlich zum Szenarium IIa eine Abgabe (Solarrappen) bis maximal 0.5 Rappen pro Kilowattstunde erhoben, deren Einnahmen (maximal fast 900 Millionen Franken) mindestens zur Hälfte für die Nutzung der Sonnenenergie, der Rest zur Förderung der rationellen Energieverwendung eingesetzt werden sollen. Entsprechend der spezifischen Fragestellung unterscheidet sich das methodische Vorgehen: Im Szenario IIIb geht es um die fördermässige Ausschöpfung von Produktions- und Sparpotentialen. Beim Vergleich dieser Ergebnisse mit jenen des Szenario IIIa ist dieser Unterschied zu berücksichtigen.

Durch den Einsatz der Fördermittel vermag der Verbrauch der fossilen Energieträger (Mitnahmeeffekte von 10 Prozent mitgerechnet) bis 2010 gegenüber IIa um -3 Prozent, bis 2030 um mehr als -9 Prozent gesenkt werden. Demgegenüber sind die Minderungsraten bei der Elektrizität mit -0.9 Prozent bzw. -1.7 Prozent bescheiden (zusätzlicher Stromverbrauch durch Wärmepumpen).
Durch die Förderung wird die Stromerzeugung mit regenerativen Energieträgern um 1.3 TWh gesteigert. Die CO2-Emissionen vermindern sich bis 2030 gegenüber IIa um 3.0 Millionen Tonnen, gegenüber dem Jahr 1990 um 6.2 Millionen Tonnen.

Szenario IIIc ist als Kombination der beiden Initiativen IIIa und IIIb konzipiert und integriert die beiden Zielsetzungen zu einem Gesamtpaket. Die Kombination der beiden Initiativen entspricht nicht einfach der Addition der beiden Ergebnisse. Hier gibt es Überschneidungen und Folgewirkungen vor allem für die Solarinitiative. Die energetischen Gesamtwirkungen sind in diesem Teilszenario am stärksten: Der Verbrauch der fossilen Energieträger kann gegenüber IIa bis 2010 um fast -7 Prozent, bis 2030 um -21 Prozent reduziert werden. Auch beim Strom sind die Einsparpotentiale mit -2.3 und -9.1 Prozent bemerkenswert.
Der Beitrag der regenerativen Stromerzeugung steigt gegenüber IIa um 4 TWh. Die CO2-Emissionen betragen 2030 nur noch 33.5 Millionen Tonnen (25 Prozent weniger als 1990).

Szenario IIId modifiziert die Solarinitiative IIIb: halber Solarrappen und gelockerte Zweckbindung bei der Verteilung der Mittel. Die energetischen Wirkungen sind dennoch beachtlich. Bis 2010 kann der Verbrauch der nicht-erneuerbaren Energieträger gegenüber IIa um -1.6 Prozent vermindert werden, bis 2030 beträgt die Minderung rund -6 Prozent. Der Beitrag der regenerativen Stromerzeugung bleibt mit 0.8 TWh bescheiden. Ebenso sind die Auswirkungen auf die CO2-Emissionen wesentlich geringer als in den anderen Teilszenarien. In 2030 betragen sie noch knapp 40 Millionen Tonnen, 1.8 Prozent weniger als in IIa.

6.1.6 Szenario IV: Klimaszenario mit Reduktionsziel von 60 Prozent bis 2030

Das Szenario IV ist eine Annäherung an die internationalen Klimaziele. Es wird eine CO2-Reduktion von -60 Prozent bis 2030 gegenüber 1990 anvisiert. Bis zum Jahr 2010 sollen die CO2-Emissionen in der Schweiz um -25 Prozent reduziert werden. Mit diesem Absenkpfad könnten die Klimaziele für die Schweiz bis ins Jahr 2050 von 1.7 Tonnen pro Kopf oder -80 Prozent CO2-Emissionen erreicht werden.

Technische Potentiale vorhanden

Das Szenario IV baut methodisch – in Abweichung zu den Szenarien I-III – auf einer Potentialanalyse auf. Es wird gefragt, ob für die einzelnen Bereiche Haushalte, Industrie, Dienstleistungen und Verkehr überhaupt noch – unter den Rahmenbedingungen einer wachsenden Wirtschaft gemäss Rahmendaten Tabelle 6.2 – ausreichende Energie- und CO2-Sparpotentiale vorhanden sind. Die Frage kann mit einem klaren Ja beantwortet werden: Im Prinzip sind vielfältige und sehr grosse technische Sparpo-

tentiale vorhanden. Die internationalen und schweizerischen Analysen zeigen deutlich, dass eine Gesellschaft mit wachsendem Wohlstand mit massiv reduzierten Energie- und CO2-Flüssen technisch denkbar ist. Es wird dabei von heute bekannten Technologien ausgegangen, die zumindest im Labor ihre Tauglichkeit bestanden haben.

Für die Potentialschätzungen des Szenario IV wird von den besten Energie-Techniken ausgegangen, die bereits im Einsatz sind oder sich in der Pilot- und Demonstrationsphase befinden. Es wird nicht mit revolutionären Technologien oder Technologiesprüngen gerechnet. Bereits aus heutiger Sicht bestehen somit keine technischen Grenzen, um einen nachhaltigen Klimapfad zu beschreiten.

Wohl sind für die einzelnen Bereiche unterschiedliche Potentiale festzustellen. So ist etwa im Gebäudebereich für Haushalte, Industrie und Dienstleistungen aus technischer Sicht für die Raumwärme ein Nullenergieverbrauch kein Problem. Auch im Verkehr sind Sparpotentiale im Vergleich zum Szenario II von 30 bis 40 Prozent technisch realisierbar. Etwas schwieriger sieht es für die Industrie aus. In der Regel kann die Energieeffizienz um weitere zirka 5 bis 20 Prozent verbessert werden. In Einzelfällen sind auch höhere Potentiale auszumachen. Im Bereich Dienstleistungen besteht für Gebäude ein ähnlich hohes Potential wie für Wohnbauten. Grosse Effizienzpotentiale werden auch für elektrische Geräte gesehen. Einen Überblick über die technischen Potentiale vermittelt Tabelle 6.3

Schranken werden dem Klimaszenario durch mangelnde Wirtschaftlichkeit der vorhandenen Potentiale und Hemmnisse bei der Diffusion gesetzt. Zur Überwindung dieser entscheidenden Engpässe werden von PROGNOS (1997) hohe Energiepreissteigerungen (+200 bis +230 Prozent) vorgeschlagen. Sie sind die zentrale Voraussetzung, um einem Klimaszenario zum Durchbruch zu verhelfen. Dank weiteren Massnahmen (Standards, Zertifikate usw.) könnten die notwendigen Anpassungs- und Transformationskosten allenfalls optimiert werden.

Wie in 6.2.1 dargestellt wird, können damit die Realisierungschancen von Umstrukturierungsprozessen erleichtert und beschleunigt werden. Eine präzise Abwägung des gewählten Mitteleinsatzes wird nicht vorgenommen.

Tabelle 6.3 **Übersicht zu den technischen Potentialen für ein Klimaszenario**

Bereiche	**Ansatzpunkte/Beispiele** Potentiale in Klammern in Prozent bezogen auf Stand Nutzung 1997
Haushalt	**Raumwärmeverbrauch** (70-100%) - Verminderung Heizenergiebedarf Neubauten - Steigerung Sanierungshäufigkeit - Erhöhung Sanierungseffizienz - Substitution öl- und elektrizitätsbeheizter Wohnungen **Warmwasserverbrauch** (20 bis 30%) - Solarthermische Warmwasserbereitstellung **Elektrische Haushaltsgeräte inkl. Kochen** (30 bis 50%/70%) - Keramikkochfelder inkl. Induktionsöfen bzw. -herde - Effizientere Geräte (z.B. tiefere Wassertemperaturen)

Bereiche	**Ansatzpunkte/Beispiele** Potentiale in Klammern in Prozent bezogen auf Stand Nutzung 1997
Industrie	**Querschnittstechnologien** (5 bis 20%), z.B.: - Effiziente Energieumwandlung (z.B. Elektromotoren) - Transport (z.B. Pumpen) - Verdichtungsvorgänge, Dampferzeugung, Wärmerückgewinnung - Trocknung, Optimierung Produktionsabläufe - Stoffströme (Recycling) **Spezifische Technologien in bestimmten Branchen** (10 bis 90%), z.B.: - Nahrungsmittel: Umkehrosmoseanlagen, Luftmesser, Mikrowellen - Textil: Wärmerückgewinnung - Bekleidung: Roboter - Papier: Kontinuierliche Zellstofftrocknung, Druckschliff-Thermoschliff - Chemie: Ionenselektive Membranen, Biotechnologie, Molekularsiebe - Steine/Erde/Zement: Gutbett-Walzmühlen, Öfen (Abfälle)
Dienst-leistungen	**Raumwärme/Warmwasser**: siehe Haushalte **Geräte**: Effiziente Geräte
Verkehr	**Personenverkehr:** - Individuelle Fahrweise (ca. 20%), Fahrfluss/Verkehrsberuhigung (ca. 10%) - Technisches Reduktionspotential Fahzeuge (2-3 l/km – ca. 35-70%) - Mobilitätsmanagement (5 bis 30%): Raum-Siedlungsstrukturen, Parkplatzbewirtschaftung, Geschwindigkeit, neue Mobilitätsformen (z.B. Car-Sharing), Einsatz Telematik **Öffentlicher Verkehr** (ca. 25%): - Massnahmen an Fahrzeugen: Fahrzeuggewicht, Wagenformen - Umlagerung MIV/ÖV: räumliche, zeitliche Verfügbarkeit ÖV; Kapazitätsausweitungen (z.B. Doppelstockzüge); transparente, kompatible Tarifsysteme, Komfortverbesserungen (z.B. Gepäck) **Güterverkehr** (40 bis 50%): - Vermeidungsstrategien (ca. 10 bis 20%): regionale Kreisläufe, Reduktion Stoffflüsse - Umlagerung (ca. 20%): Umlagerung Strasse/Schiene mit effizienten Bahnangeboten im Binnen-, Import-Export-, Transitverkehr (Unbegleiteter kombinierter Verkehr = UKV mit Logistik, Marketing, Wettbewerb) - Technische Massnahmen (ca. 30%): LKW/Schiene **Flugverkehr:** - Geringe Kenntnisse über ökologische Effekte und Potentiale - Technische Potentiale (ca. 30-50%): Leichte Materialien, Luftwiderstand, neue Antriebssysteme, effiziente Gestaltung usw.

Quellen: BASICS (1996a), BASICS (1996), ETH (1997), MEIER (1993), MEIER (1994), PROGNOS (1996a), PROGNOS (1997), MINERGIE (1997), eigene Zusammenstellung

Fazit zu den Energie- und CO2-Szenarien

1. Energieperspektiven stellen immer nur denkbare Entwicklungsmöglichkeiten dar. Die Resultate werden von den getroffenen Annahmen beeinflusst. Insgesamt dürfen die Annahmen als realitätsbezogen bezeichnet werden. Tendenziell liegen sie eher auf der sicheren Seite.
2. Das Szenario I (Trend) ist kein Laisser-faire-Szenario. Es wird mit der Umsetzung von einigen Massnahmen gerechnet. Falls diese Massnahmen abgebaut oder reduziert würden, müsste mit höheren CO2-Emissionen gerechnet werden. International tragfähige Klimaziele für die Schweiz würden weit verfehlt.
3. Das Szenario II (Energie- und CO2-Abgabegesetz) vermag die CO2-Zielsetzungen des Bundesrats aus dem Jahre 1997 zu erfüllen (-10 Prozent CO2-Reduktion im Jahr 2010 gegenüber 1990). Damit kann aber kein nachhaltiger Klimapfad beschritten werden, wie er etwa vom IPCC skizziert wird. Heutige Schätzungen lassen für das Jahr 2010 ein Defizit von zirka 15 Prozent gegenüber dem IPPC-Ziel erwarten.
4. Die Szenarien III (Energie-Umwelt- und Solarinitiativen) stellen entscheidende Schritte in Richtung nachhaltige Klimapolitik dar. Trotz recht weitgehenden Massnahmen werden die Klimaziele aber doch um einiges verfehlt.
5. Das Klimaszenario (Szenario IV) strebt eine CO2-Reduktion von -60 Prozent bis zum Jahr 2030 an, wie dies vom IPCC im Grundsatz gefordert wird. Es zeigt sich, dass das technische Potential für ein solches Klimaszenario vorhanden ist. Auch kann von einer wachsenden Wirtschaft mit steigendem Flächenkonsum ausgegangen werden. Kritisch ist hingegen die politische Umsetzung des Klimaszenarios: Es müssen weitgehende Annahmen wie internationale Harmonisierung von Klimamassnahmen und hohe Enegiepreissteigerungen getroffen werden. Es ist eine offene Frage, ob solche Voraussetzungen in den nächsten Jahren erfüllt werden können.

6.2 Wirtschaftliche Auswirkungen von CO2- und Energiemassnahmen

Für die BEW-Perspektiven und die CO2-Vorlagen des Bundesrates liegen umfassende Analysen zu wirtschaftlichen Auswirkungen vor, und darüber hinaus sind zu diesem Thema in den letzten Jahren weitere Studien gemacht worden.

6.2.1 Überblick über die wichtigsten Studien

Anfangs der 90-er Jahre sind für die Schweiz von MEIER/WALTER (1991) und MAUCH/ITEN (1992) erste umfassende Systeme entwickelt worden, die mittels Energieabgaben eine Verminderung der Umwelt- und CO2-Belastungen zum Ziel haben. Die Ausgestaltung eines möglichen Abgabesystems wurde detailliert aufgezeigt. Die energetischen und wirtschaftlichen Auswirkungen sind mit partialanalytischen Ansätzen (d.h. Schätzungen mittels Elastizitäten) untersucht worden. Die Rückkoppelungen konnten qualitativ erfasst werden.

In den Untersuchungen von STEFAN et al. (1991, 1991, 1992, 1994) sind erstmals allgemeine Gleichgewichtsmodelle eingesetzt worden. In den Arbeiten von MÜLLER (1995), FELDER/NIEUWKOOP et al. (1995), INFRAS/ECOPLAN (1996), ECOPLAN (1996), PREVIDOLI/STEPHAN (1996), MEYER ZU HIMMERN (1997) sind diese Gleichgewichtsanalysen wesentlich vertieft worden. U.a. wurden tiefe (Erhöhung von zirka +20 Prozent) bis hohe (zirka +100 Prozent) Abgabesätze, unterschiedliche Einführungsperioden, verschiedene Rückerstattungsmodi untersucht.

Tabelle 6.4: **Studien über die wirtschaftlichen Auswirkungen von Energie- und CO2-Abgaben bzw. -Massnahmen**

STUDIE	Modell Analyse-ansatz:	Energie- und CO2-Abgabesätze:	Win-win-Effekte (Double Dividend)	
			Starke Form: positives Wachstum	Schwache Form: - positive Beschäftigung - keine positiven Wachstumseffekte
STEPHAN et al. (1991/1992)	GGM	*	nein	nein
STEPHAN (1994)		**	nein	ja
PROGNOS (1993)	IOM	*	ja	ja
KIRCHGÄSSNER/MEYER ZU HIMMERN (1995)	IOM	**	teilweise ja	knapp nein
MEYER ZU HIMMERN (1997)	GGM	**	nein	ja
MÜLLER (1995)	GGM	**	nein	nein
FELDER/ NIEUWKOOOP (1995)	GGM	**	teilweise	offen
PROGNOS (1996)	IOP	*	ja	ja
INFRAS/ECOPLAN (1996)	GGM	**	teilweise	ja
ECOPLAN (1996)	GGM	**	teilweise	ja
PREVIDOLI/STEPHAN (1996)	GGM	**	knapp nein	offen
BASICS (1996)	PAL	**	keine Antwort	beschränkt
PROGNOS et.al. (1997)	PAL	***	offen/ unsicher	eventuell/ unsicher
E. BASLER PARTNER/ECOPLAN (1996)	PAL	*	beschränkt	ja
INFRAS (1997)	PAL	-	keine Antwort	ja

Legende:

Modelle		**Energiepreissteigerung**		
GGM:	Gleichgewichtsmodell	*	tief	(+10 bis +30 Prozent)
IOM:	Input-Output-Modell	**	mittel	(+50 bis +150 Prozent)
PAL:	Partialanalyse	***	hoch	(> +200 Prozent)

Quelle: Siehe Name der Studie, eigene Zusammenstellung

Die Gleichgewichtsmodelle erlauben es, die Anpassungs- und Rückkoppelungsprozesse von Energie- und CO2-Abgaben simultan zu erfassen. Neben Energie- und CO2-Effekten können wirtschaftliche Makrogrössen wie Wachstum, Wohlfahrt, Beschäftigung, Aussenhandel, Wechselkurse analysiert werden. Weiter sind Aussagen zu Struktureffekten auf der Ebene der Branchen und Regionen möglich. Schliesslich können auch die Verteilungseffekte auf die Haushalte („reich"/"arm") untersucht werden.

PROGNOS (1993, 1996) und KIRCHGÄSSNER/MEYER ZU HIMMERN (1995) berechnen mit Input-Output-Modellen die wirtschaftlichen Auswirkungen (Makroebene und Struktureffekte) von Energie- und CO2-Abgaben unterschiedlicher Höhe.

BASICS (1996) untersucht mit einem partialanalytischen Ansatz die wirtschaftlichen Auswirkungen von Energie- und CO2-Abgaben, die innert 20 Jahren auf ein mittleres Niveau ansteigen (< +100 Prozent). Im Vordergrund stehen dabei die Ausarbeitung von Sonderregelungen für energieintensive Betriebe und – bei einem schweizerischen Alleingang – die allfällige Gefahr ihrer Abwanderung ins Ausland. E. BASLER UND PARTNER/ECOPLAN (1996) untersuchen die Auswirkungen der Solarinitiative, die eine zweckgebundene Lenkungsabgabe auf tiefem Niveau vorsieht. INFRAS (1997) analysiert die Beschäftigungseffekte von Energie 2000. Von PROGNOS werden ebenfalls mit einem partialanalytischen Ansatz die Wirtschaftseffekte eines Klimaszenarios untersucht.

6.2.2 Erste Analysen mit Gleichgewichtsmodellen für die Schweiz

STEPHAN et. al. (1991) setzen für die Schweiz erstmals ein allgemeines Gleichgewichtsmodell komparativ-statischer Natur ein: Gegenüber 1985 sollen in einem Szenario I bis ins Jahr 2005 die CO2-Emissionen stabilisiert werden. Im Szenario II wird bis 2005 mit einer Reduktion von -20 Prozent gerechnet (vergleiche Tabelle 6.5).

Tabelle 6.5: **Erste Gleichgewichtsmodelle für die Schweiz**

Modell: - Annahmen - Ausgestaltung - Zeithorizont	**CO2- und Energie-Abgabesätze** - Massnahmen - Rückerstattung	**Auswirkungen** Energie/CO2	BIP/Wohlfahrt	Beschäftigung	weitere: - Investitionen - Struktureffekte (sektoral, personell, regional) - Import - Export
STEPHAN/NIEUWKOOP/WIEDMER (1991/1992)					
Gleichgewichtsmodell komparativ-statisch Ziele Jahr 2005 I) Stabilisierung II) Reduktion um -20% gegenüber 1985	I) 290 Fr./t CO2 II) 351 Fr./t CO2 Rückerstattung, u.a.: - Budget - Pro-Kopf	Gemäss Zielsetzungen I) Stabilisierung II) Reduktion -20%	I) -0.19%/Jahr II) -0.41%/Jahr	keine Antwort	sektorale und personelle Verteilung
STEPHAN/IMBODEN (1994)					
Gleichgewichtsmodell dynamisch Ziele bis 2010 I) Alleingang: -20% CO2 gegenüber 1990 II) Kooperation Reduktion globale Emissionen -20%	Rückerstattung pro Kopf I) endogen II) exogen	Gemäss Vorgaben	I) positiv wie Kooperation, aber geringer als Referenz II) negativer als Kooperation	keine Antwort	dito

Hohe Abgabesätze in den ersten Studien

Um dieses Ziel (Reduktion um -20 Prozent) zu erreichen, muss mit sehr hohen Abgabesätzen kalkuliert werden (453 bis 1'668 Franken pro Tonne CO2 für Gas bzw. Öl). Gleichzeitig werden für die Periode 1985 bis 2005 recht erhebliche Wachstumseinbussen des Bruttosozialprodukts von insgesamt -4 bis -8 Prozent geschätzt. Aufgrund dieser Resultate lehnen die Autoren einen schweizerischen Alleingang bei der Erhebung einer CO2-Steuer ab. Die lokalen und nationalen Umweltziele (z.B. Reduktion NOX, SO2) sollten anderweitig angegangen werden.
In der zweiten Studie von STEPHAN et al. (1992) werden die Resultate aus dem Jahre 1991 relativiert. Die Abgabesätze werden wesentlich reduziert (98 bis 107 Franken pro Tonne CO2). Die Wachstumseffekte werden aber weiterhin negativ eingeschätzt.
Die optimistischeren Resultate werden darauf zurückgeführt, dass der dynamische (d.h. periodische Berechnung der Investitionen und der Kapitalakkumulation) und nicht der komparativ-statische Ansatz verwendet wurde. Die Korrektur erfolgte aber vor allem auch deshalb, weil der Mittelverwendung Beachtung geschenkt wurde: STEPHAN et al. (1991) liessen diese völlig ausser acht. In der Studie von STEPHAN et al. (1992) sind neu u.a. eine fiskalische Verwendung durch den Staat (Staatsquotenerhöhung) bzw. eine Rückerstattung pro Kopf berücksichtigt worden. Mit einer Reduktion der Lohnkosten wird nicht gerechnet.

Besser Alleingang als Kooperation

In STEPHAN/IMBODEN (1994) wurde der Zeithorizont auf das Jahr 2010 – statt 2005 – ausgedehnt (vergleiche Tabelle 6.5). Die Analysen konzentrieren sich auf die Frage "Alleingang oder internationale Kooperation". Es zeigt sich dabei, dass die Wachstumsraten des Bruttoinlandprodukts und des Konsums im Falle des Alleingangs in den ersten zehn Jahren nach Einführung der CO2-Abgabe sogar über jenen im Falle der internationalen Kooperation liegen. Erst gegen Ende des Zeithorizonts dreht sich dieser Effekt um. Ein Alleingang kann für die Schweiz für eine bestimmte Zeitdauer somit durchaus lohnend sein. Aber: "Unter einer sehr langfristigen Perspektive ist der klimapolitische Alleingang der Schweiz nicht effizient. Sind aber eindeutige Anzeichen vorhanden, dass in absehbarer Zukunft die Mehrzahl der Nationen die Verantwortung für das Weltklima teilen wird, dann ist es auch unter einer nationalen Perspektive ökonomisch rational, heute schon in der Schweiz mit einer moderaten Klimapolitik zu beginnen. Denn je höher eine Wirtschaft entwickelt ist, desto wichtiger ist es, rechtzeitig und verlässlich richtungsweisende Signale zu setzen, um die notwendigen Anpassungen mit möglichst wenig Friktionen zu ermöglichen." (STEPHAN et al. 1994, S. 26 ff.).

Tabelle 6.6: **CO2-Vorlage Bundesrat 1994 – PROGNOS**

Modell	CO2- und Energie-Abgabesätze	Auswirkungen			
		Energie/CO2	BIP/Wohlfahrt	Beschäftigung	weitere
PROGNOS (1993)					
Input-Output-Modell komparativ-statisch Ziel: Stabilisierung CO2-Emissionen Stand 1990	Bundesrat CO2-Vorlage 1994: - 12 Fr./t CO2 ab 1996 - 24 Fr./t CO2 ab 1998 - 36 Fr./t CO2 ab 2000 Rückerstattung: I) voll pro Kopf II) Teilzweckbindung: - 1/3 für Umweltprojekte - 2/3 an Wirtschaft und Haushalte	Gesamtenergieverbrauch: - -2.9% im Jahr 2000 - -5.5% im Jahr 2010 CO2-Effekte: I) -2.3 Mio. t im Jahr 2000 -4.3 Mio. t im Jahr 2010 II) -2.8 Mio. t im Jahr 2000 -5.7 Mio. t im Jahr 2010	I) +0.13% im Jahr 2005 II) +0.16% im Jahr 2005	I) +0.1% II) +0.1 %	Aussenbeitrag +644 Mio. Fr. im Jahr 2005 Konsumentenpreisindex: +0.4 im Jahr 2005 Brancheneffekte: Zunahmen: Steine/Erde, Bauwirtschaft Abnahmen: Öl/Gas/Kohle

6.2.3 Tiefe CO2-Abgaben: Win-win-Effekte

PROGNOS (1993) berechnet mit einem Input-Output-Modell die Auswirkungen der CO2-Vorlage des Bundesrats aus dem Jahre 1994 (Tabelle 6.6): CO2-Abgaben sollen stufenweise von 12 auf 36 Franken/Tonne CO2 angehoben werden.
PROGNOS kommt zum Schluss, dass sich neben positiven Effekten für die Umwelt auch positive Wachstums- und Beschäftigungseffekte ergäben. Sektoriell gehören die Branchen Steine und Erde sowie die Bauwirtschaft zu den Gewinnern. Verlierer sind die Öl- und Gasbranche.

Verlagerung der Importnachfrage, Innovationsschub

Positive Effekte ergeben sich u.a. durch eine Verlagerung der Importnachfrage von über 600 Millionen Franken (vor allem fossile Energieträger) auf die Binnenmärkte. Zudem wird von den höheren Energiepreisen ein Investitionsschub erwartet, der sich vor allem in der Baubranche positiv auswirkt. Ein leicht negativer Effekt stellt sich durch den erhöhten Konsumentenpreisindex ein. Bei einem Alleingang werden im Vergleich mit einer international konzertierten Einführung einer CO2-Abgabe leichte Nachteile erwartet. Hingegen wird mit der Abnahme des Energieverbrauchs die nationale Versorgungssicherheit verbessert.
Der gezielte Einsatz von Mitteln aus einer CO2-Abgabe für Umweltprojekte schneidet gegenüber der vollen Rückerstattung – vor allem in energetischer, aber weniger in wirtschaftlicher Hinsicht – leicht besser ab. Allerdings wird auf die Gefahr hingewiesen, dass die Staatsquote ansteigt und Mittel für allgemeine Zwecke ausgegeben werden.

St. Galler Studie: Ebenfalls positive Wirtschaftseffekte – leicht pessimistischer

KIRCHGÄSSNER/MEYER ZU HIMMERN (1995) befassen sich ebenfalls mit den Auswirkungen der CO2-Bundesratsvorlage 1994 (Tabelle 6.7). Im Vergleich zu PROGNOS (1993) gelangen sie zu leicht ungünstigeren Resultaten: Die gesamtwirtschaftlichen Effekte sind zwar ebenfalls gering, aber leicht negativ.

Differenzen bezüglich Brancheneffekten

Im Gegensatz zu PROGNOS (1993) werden die Dienstleistungs- und die Maschinenindustrie bei den Gewinnern einer CO2-Abgabe gesehen. Die Sektoren Verkehr, Papier, Chemie und Steine/Erde haben hingegen leichte Verluste hinzunehmen. Gegenüber PROGNOS wird den Investitionen in die Baubranche nicht die gleiche Bedeutung beigemessen.
Zusätzlich zeigen KIRCHGÄSSNER/MEYER ZU HIMMERN (1995) den Einfluss der Wechselkursanpassungen: Falls die Wechselkurse auf inländische Energiepreiserhöhungen nicht reagieren, so fallen im Vergleich zu flexiblen Wechselkursen leicht negative Wachstums- und Beschäftigungseffekte an. Grundsätzlich kann aber angenommen werden, dass die Wechselkurse flexibel reagieren werden, so dass sich von dieser Seite keine Gefahren aufbauen sollten.

Tabelle 6.7: **CO2-Vorlage Bundesrat 1994 – HSG St. Gallen**

Modell	CO2- und Energie-Abgabesätze	Auswirkungen			
		Energie/CO2	BIP/Wohlfahrt	Beschäftigung	weitere
KIRCHGÄSSNER/MEYER ZU HIMMERN (1995)					
Input-Output-Modell komparativ-statisch	Bundesrat CO2-Vorlage (1994) Pro-Kopf Rückerstattung bei: I) konstanter Wechselkurs II) Wechselkurs-anpassungen		Referenzjahr 1985: I) -0.42% II) +0.02%	I) -0.34% II) -0.03%	
Meyer zu Himmern (1997)					
Gleichgewichtsmodell komparativ-statisch Ziel: doppelte Dividende Alleingang vs Kooperation	Bundesrat CO2-Vorlage (1994) I) Mineralöl +22.5% II) +45% Rückerstattung in Varianten: - pro Kopf - Lohnsumme	I) Elektrizität -4.8% Gas -17.1% Öl -25.2% CO2 -15.4% II) Elektrizität -8.6% Gas -29.6% Öl -38.2% CO2 -24.6%	I) Wohlfahrt -0.15 % BIP -0.27 % Wohlfahrt -0.31% II) Wohlfahrt -0.31% BIP -0.46%	I) +0.11 II) +0.2	Kapitalmobilität: - sektoral mobil + - international mobil - Alleingang teilweise im Vorteil

Bestätigung der doppelten Dividende:
positive Umwelt- und Beschäftigungseffekte

MEYER ZU HIMMERN (1997) analysiert mit einem allgemeinen Gleichgewichtsmodell (komparativ-statisch) die CO2-Vorlage des Bundesrats aus dem Jahre 1994 (in Tabelle 6.7 Variante I). Neben den damals angekündigten CO2-Abgabesätzen berechnet die Studie die Auswirkungen von halbierten bzw. verdoppelten Sätzen (in Tabelle 6.7, Variante II). Für die Rückerstattung werden verschiedene Varianten untersucht: Reduktion Lohnsumme, Pro-Kopf-Rückerstattung, teilweise zweckgebunden. Im Zentrum der Studie steht die Hypothese der doppelten Dividende, also möglichen positiven Effekten bezüglich Energie und Umwelt (die sogenannte grüne Dividende) und Wachstums- bzw. Beschäftigungsgewinnen (die blaue Dividende). Weiter werden die Auswirkungen eines Alleingangs im Vergleich mit einem international koordinierten Vorgehen – im vorliegenden Fall der Kooperation mit der EU – untersucht.

Stellenwert des Referenzszenarios auf Resultate

MEYER ZU HIMMERN (1997) gelangt für die CO2-Vorlage des Bundesrats (1994) zu deutlichen Energie- und CO2-Reduktionen (vergleiche Tabelle 6.4), die über den Ergebnissen von PROGNOS (1993) liegen. Bei doppelten CO2-Abgabesätzen (Mineralölpreis +45 Prozent) gehen die CO2-Emissionen um zirka -25 Prozent zurück. Diese Abnahme wird allerdings durch das Wirtschaftswachstum teilweise wieder kompensiert, so dass sich die Differenzen zu PROGNOS (1993) erklären lassen. Bemerkenswert ist die Tatsache, das der Elektrizitätsverbrauch ebenfalls leicht abnimmt, was vor allem mit einem Rückgang des Energieverbrauchs bei der Industrie erklärt wird. Die Hypothese der doppelten Dividende bestätigen die Resultate von MEYER ZU HIMMERN (1997) in ihrer schwachen Form: Neben positiven Energie- und Umwelteffekten werden auch positive Beschäftigungseffekte erwartet. Hingegen sind die Wohlfahrts- und Wachstumseffekte leicht im Minus (insgesamt -0.27 bzw. -0.46 Prozent für den doppelten CO2-Abgabesatz des Bundesrats 1994). Mit einer doppelten Dividende ist eher zu rechnen, wenn der Faktor Arbeit entlastet wird – statt einer pro-Kopf Rückerstattung – und das Kapital vor allem sektoral und nicht international mobil ist. Die internationale Kapitalmobilität dürfte längerfristig zunehmen, so dass sich die doppelte Dividende bzw. die positiven Beschäftigungseffekte im Laufe der Zeit abschwächen, wenn nicht auch international die Energiepreise erhöht werden. Eine doppelte Dividende fällt vor allem kurz- und mittelfristig an.

Alleingang mit positiven Effekten

Ein umweltpolitischer Alleingang der Schweiz wird als ökonomisch tragbar bezeichnet: Unter der Annahme, dass das Kapital international mobil ist – was mittel- und längerfristig realistisch scheint – sind beim Alleingang höhere Beschäftigungseffekte als bei der Kooperation zu erwarten. Mit Vorteilen dürfen vor allem Dienstleistungssektoren rechnen. Im Fall der Kooperation gehören eher Industriesektoren zu den "Gewinnern". MEYER ZU HIMMERN (1997, S. 160) gelangt zum Schluss, dass eine CO2-Abgabe "ökologisch notwendig und ökonomisch sinnvoll" sei.

Tabelle 6.8: **CO2-Vorlage Bundesrat – Mittlere Energieabgaben**

Modell	CO2- und Energie-Abgabesätze	Auswirkungen			
		Energie/CO2	BIP/Wohlfahrt	Beschäftigung	weitere
MÜLLER (1995)					
Gleichgewichts-Modell teilweise dynamisch	Bundesrat CO2-Vorlage (1994) Varianten	CO2: -13%	BSP: -1.1%	keine Antwort	Investitionen: ca.-3.0%
FELDER/ NIEUWKOOP (1995)					
Gleichgewichtsmodell komparativ-statisch (Vergleich 1990/2005) Ziel: Wohlfahrts-Verteilungseffekte	I) 16 Fr./t CO2 Strom 0.44 Rp./kWh II) 110 Fr./t CO2 Strom 0.9 Rp./kWh Rückerstattung: - Erhöhung Staatsbudget - Reduktion Grenzsteuersatz - Bonus an Haushalte	I) Energie bzw. CO2: ca. -7% bis -9% II) Energie: ca. -30% CO2: ca. -40%	I) Wohlfahrtseffekte: - ca. +50 Mio. Fr. bis +200 Mio. Fr. - ca. +1.2 Mrd. inklusive externe Effekte II) ca. -1 Mrd. Fr. bis ca. +4 Mrd. Fr. inklusive externe Kosten	keine Antwort	Verteilungseffekte Haushalte in Abhängigkeit zu Rückerstattung: Staatsquote höher: negativ Grenzsteuersatz: negativ Bonus: positiv Brancheneffekte II): negativ: Karton, Steine/Erde,Transport positiv: Eisenbahn Grossteil der Branchen < + - 1%

Staatsquotenerhöhung und fehlende Sonderregelungen für energieintensive Betriebe können zu Problemen führen

MUELLER (1995) rechnet (Tabelle 6.8) ebenfalls mit einem allgemeinen Gleichgewichtsmodell (teilweise dynamisch). Die Abgabesätze beziehen sich in der Hauptvariante auf die CO2-Bundesratsvorlage von 1994. Die CO2-Emissionen sollen um 13 Prozent zurückgehen. Ebenfalls nehmen das Bruttosozialprodukt (-1.1 Prozent) und die Investitionen in der Schweiz (zirka -3 Prozent) ab. Diese negativen Effekte lassen sich weitgehend durch die getroffenen Annahmen erklären: An die Wirtschaft werden keine Rückerstattungen gemacht (z.B. Reduktion der Lohnnebenkosten), keine Sonderregelungen für energieintensive Betriebe, hohe Einführungsgeschwindigkeit der CO2-Abgaben und volle internationale Kapitalmobilität (INFRAS/ECOPLAN 1996, S. 41). Zudem wird von Vollbeschäftigung ausgegangen. Die Beschäftigungseffekte werden nicht untersucht, so dass über die doppelte Dividende in ihrer schwachen Form nichts ausgesagt werden kann. Die Modellannahmen von MUELLER (1995) vermögen die eher pessimistischen Ergebnisse zu einem erheblichen Teil zu erklären.

6.2.4 Höhere Energie- und CO2-Abgaben: Ausgestaltung entscheidend

FELDER/NIEUWKOOP (1995) verwenden ein komparativ-statisches Gleichgewichtsmodell und vergleichen die Wohlfahrts- und sozialen Verteilungseffekte der Jahre 1990/2005 (Tabelle 6.8). Es wird mit Energie- und CO2 Abgabesätzen gerechnet, die in einer ersten Variante (Variante I) zirka der Hälfte der CO2-Bundesratsvorlage 1994 – aber inklusive Stromabgabe – entsprechen. In einer zweiten Variante sind die Abgabesätze rund dreimal höher. Die Rückerstattung erfolgt in Varianten über eine Staatsquotenerhöhung, eine Reduktion des Grenzsteuersatzes (Abbau direkte Steuer) bzw. einen Bonus an die Haushalte.
In Variante I ergeben sich leicht positive Wohlfahrtseffekte durch eine Erhöhung der Staatsquote und vor allem eine Reduktion der direkten Steuern. Werden die Einnahmen über einen Haushalts-Bonus zurückerstattet, so sind die Wohlfahrtseffekte leicht negativ. Deutlich positive Wohlfahrtseffekte (zirka 1 Milliarde Franken) stellen sich ein, wenn die externen Kosten einbezogen werden.
Deutlicher fallen die Ergebnisse in Variante II (hohe Abgaben) aus: Ohne externe Kosten sind die Wohlfahrtseffekte bei allen Rückerstattungsvarianten negativ (zwischen 0.5 bis 2 Milliarden Franken). Am ungünstigsten ist das Resultat für den Haushalts-Bonus. Stark positive Effekte ergeben sich, wenn die – dank der Abgaben reduzierten – externen Effekte berücksichtigt werden. Ein volkswirtschaftlicher Gewinn von zirka 5 Milliarden Franken wird ausgewiesen.
Die sozialen Verteilungseffekte werden für sechs Haushaltsgruppen untersucht. Die Resultate entsprechen den Erwartungen: Bei der Erhöhung der Staatsquote werden alle Haushaltsgruppen negativ tangiert. Dabei trifft es die "Reichen" etwas weniger stark als die "Armen". Bei einem Haushalts-Bonus werden die armen Haushalte absolut besser gestellt (Einkommenswachstum +1.5 Prozent), die "Reichen" schlechter. Bei einer Rückerstattung über direkte Steuern sind die Ergebnisse spiegelbildlich.

Insgesamt können FELDER/NIEUWKOOP (1995) bei einer tiefen Abgabe (zirka die Hälfte der Bundesratsvorlage 1994) eine doppelte Dividende in der "starken" Form bestätigen, d.h. es werden sowohl positive Umwelt- wie auch Wohlfahrtseffekte ausgewiesen. Bei hohen Abgabesätzen (dreimal Bundesrat 1994) fallen negative direkte Wohlfahrtseffekte in einem relativ bescheidenen Ausmass an. Werden die externen Effekte einbezogen, so sind auch die positiven Wohlfahrtseffekte recht hoch. Über die doppelte Dividende in der "schwachen" Form wird nichts ausgesagt, da die Beschäftigungseffekte nicht untersucht werden.

Win-win-Effekte für Energie- und CO2-Gesetz 1997

PROGNOS (1996) untersucht mit einem Input-Output-Modell die wirtschaftlichen Auswirkungen des geplanten Energiegesetzes (vergleiche dazu Kapitel 6.1/6.2) und einer CO2-Abgabe mit maximalen Abgabesätze von 60 Franken pro Tonne CO2 bis ins Jahr 2008 (CO2-Gesetz gemäss Bundesrat 1997). In einer Untervariante (Variante 2 in Tabelle 6.9) wird für Treibstoffe mit einem höheren Satz gerechnet (50 Rappen/Liter, d.h. 210 Franken pro Tonne CO2).
Das geplante Energiegesetz würde den CO2-Ausstoss laut PROGNOS um zirka -8 Prozent reduzieren. Eine CO2-Abgabe brächte zusätzlich -5 Prozent. Diese Auswirkungen sind relativ bescheiden.
Die Wirtschaftseffekte sind grösstenteils positiv. Es werden doppelte Win-win-Effekte in der starken Form bestätigt. Allerdings sind die positiven Werte der Bruttowertschöpfung und der Beschäftigung nicht zu überschätzen. Sie liegen zwischen +0.1 bis +0.2 Prozent/Jahr. Eine leichte Zunahme weist der Konsumentenpreisindex (+0.2 bis +0.4 Prozent) auf.
Wertschöpfungseinbussen haben die Energieversorgungsunternehmen zu verzeichnen, wobei diese vor allem beim Öl mit -35 bis -40 Prozent hoch ausfallen. Für die Branchen Gas, Strom und Verkehr (ohne Eisenbahn) bewegen sich die Abnahmen zwischen -2 bis -5 Prozent.
Die positiven Wirtschaftseffekte werden mit einer erhöhten Gesamtnachfrage im Inland erklärt, welche durch den verminderten Energieimport bzw. durch eine tiefere ausländische Energierechnung möglich wird. Die zusätzliche Nachfrage steigert die Investitionsquote in der Schweiz, die Wertschöpfung und die Beschäftigung.
Gleichzeitig verlagert sich die sektorale Nachfrage: Die Energiesparinvestitionen nehmen zu, die Energieproduktion tendenziell ab. Über Multiplikatoreffekte wird die Wertschöpfung der Binnenwirtschaft zusätzlich angekurbelt. Die Haushalte verlagern ihren Energiekonsum auf Konsumgüter mit einem geringeren Energieanteil. Die Verlagerung von der arbeitsextensiven Energiebranche zu arbeitsintensiven Branchen generiert weitere Beschäftigungseffekte.

Lohnkostenreduktionen schaffen Win-win-Effekte auch bei hohen Abgaben

INFRAS/ECOPLAN (1996) berechnen mit einem allgemeinen Gleichgewichtsmodell in den Hauptvarianten das Szenario II (Energiegesetz, CO2-Gesetz) und das Szenario IIIa (Energie-Umwelt-Initiative). Die Energie- und CO2-Reduktionen sind relativ gering (vergleiche Tabelle 6.9).

Tabelle 6.9: **CO2-Gesetz Bundesrat 1997 – Energie-Umwelt-Initiative**

Modell	CO2- und Energie-Abgabesätze	Auswirkungen				
		Energie/CO2	BIP/Wohlfahrt	Beschäftigung	Weitere
PROGNOS (1996)					
Input-Output Analyse Ziel: wirtschaftliche Auswirkungen Szenarien IIa und IIb	IIa) Energiegesetz IIb) CO2-Gesetz: Variante 1 - 2000: 12 Fr./t CO2 - 2008: 60 Fr./t CO2 Variante 2: 2008: 50 Rp./l Treibstoff	IIa) -3.4 Mio. t CO2 (ca. -8%) IIb) -5.6 oder 2.2 zusätzlich zu IIa) Mio. t CO2 (ca. -5%)	IIa) Bruttowertschöpfung +0.1% IIb) Bruttowertschöpfung: 2010: +0.1% 2020: +0.2%	IIa) 0.1% IIb) Variante 1: 0.2% IIb) Variante 2: 0.2%	Konsumentenpreisindex: +0.2% bis +0.4% Brancheneffekte: - Öl: ca. -35% - Gas: ca. -3% - Strom: ca. -2% - Verkehr: ca. -0.2% - übrige Branchen positiv
INFRAS/ECOPLAN (1996)					
berechenbares Gleichgewichtsmodell komparativ-statisch Ziele: Sensitivitätsanalysen Einbezug Arbeitsmarkt	I) Szenario II Enegiegesetz und CO2-Gesetz II) Szenario IIIa – Energie-Umweltinitiative Rückerstattung: - Bonus-Haushalte - Lohnkosten (AHV)	I) Energie: -4% CO2: -5.2% II) Energie: -8.6% CO2: -12.1%	I) BSP: +0.25% II) BSP: -0.2%	I) niedrig qualifiziert: +0.5% hochqualifiziert: +0.2% II) niedrig qualifiziert: -0.3% hochqualifiziert: +0.1%	Sensitivitätsanalysen: Alleingang/Kooperation geringer Einfluss Lohnkostenreduktion/Arbeitsmarkt positiv modellendogene Faktoren: geringer Einfluss Substitutionselastizitäten Energie vs Kapital/Arbeit, Arbeitsangebots elastizitäten: hoher Einfluss Sonderregelung: Gesamtwirtschaft gering Energieintensität hoch

Die Einführung von Energiemassnahmen im Alleingang bzw. im Fall Kooperation unterscheidet sich in wirtschaftlicher Hinsicht – unter Berücksichtigung von Sonderregelungen für energieintensive Betriebe – praktisch nicht. Weiter zeigt sich, dass gezielte reduzierte Lohnkosten, die dank Rückerstattungen realisiert werden können, die Arbeitsmarkteffekte recht deutlich verbessern. Die Variationen der Annahmen über Wirtschaftswachstum und Bevölkerungsentwicklung beeinflussen die Ergebnisse nicht entscheidend. Hingegen haben modellendogene Annahmen über die Substitutionselastizitäten von Energie versus Kapital/Arbeit sowie Angebotselastizitäten einen hohen Einfluss auf die Ergebnisse. Dies weist darauf hin, dass das Modell auf interne Reaktionsmechanismen sensibel reagiert.
Schliesslich zeigt sich, dass die Sonderregelungen für energieintensive Betriebe kaum von volkswirtschaftlicher Relevanz sind. Hingegen sind sie für die betroffenen Branchen (Steine/Erde, Chemie etc.) von recht grosser Bedeutung.

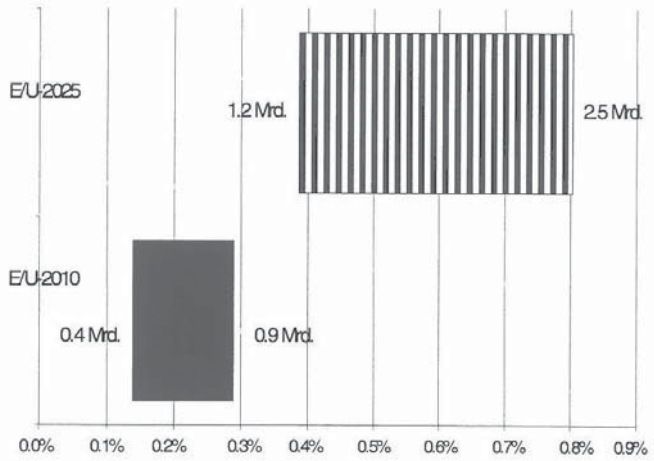
Energie-Umweltinitiative führt zu Win-win-Effekten in der starken Form dank langem Zeithorizont

ECOPLAN (1996) untersucht die wirtschaftlichen Auswirkungen des Szenarios IIIa (Energie-Umwelt-Initiative) mit einem statischen Gleichgewichtsmodell für den Zeithorizont 2010 bzw. 2030 (Tabelle 6.10).
Die Resultate von ECOPLAN (1996) belegen die Double-Dividend-Hypothese durchwegs in der schwachen Form. Neben den positiven Umwelteffekten (CO2 -15.5 Prozent im Jahr 2025 im Vergleich zu Szenario IIa) soll die Beschäftigung um +0.11 Prozent oder +3'800 Arbeitsplätze (Bezugsjahr 1990) – wenn auch nur gering – zunehmen. Für 2025 wird ein Arbeitsplatzplus von +0.46 Prozent oder +16'000 Stellen geschätzt. Gleichzeitig liegt auch die Wertschöpfung mit +0.03 Prozent auf der positiven Seite. Die These der doppelten Dividende wird für den langen Zeithorizont (Jahr 2025) sogar in der starken Form – allerdings nur sehr schwach – verifiziert. Werden die reduzierten externen Kosten von 1.2 bis maximal 2.5 Milliarden Franken pro Jahr als weitere Wohlfahrtseffekte einbezogen, so schlägt das Pendel bei der doppelten Dividende deutlicher auf die positive Seite (Abb. 6.3).

Energie- und CO2-Abgaben wirken primär in der Schweiz und schaffen internationale Zusatznutzen

Der Abbau der externen Kosten (Lärm, NOX, Unfälle etc.) kommt dabei zu zirka 70 bis 80 Prozent direkt der Schweiz zugute. Nur zirka 20 Prozent der externen Kosten sind auf dem Konto "Klima" abzubuchen. Energieabgaben wirken sich also primär im Inland aus. Der Beitrag zur Lösung der internationalen Klimaproblematik kann als – nicht zu vernachlässigender und wichtiger – Zusatznutzen betrachtet werden. Es zeigt sich, dass mit CO2- und Energieabgaben durchaus auf effiziente Weise Umweltprobleme der Schweiz angegangen werden können. Eine CO2-Abgabe nur im internationalen Kontext verwirklichen zu wollen, erweist sich als falsch, da primär positive Binneneffekte erzielt werden. Erst in zweiter Linie wird auch ein (kleiner) Beitrag an ein verbessertes Weltklima geleistet.

Abb. 6.3: **Schätzung der vermiedenen externen Kosten in Milliarden Franken pro Jahr**



Vermiedene externe Kosten in Prozent der Wertschöpfung 1990

Quelle: ECOPLAN 1996, S. 13

Tabelle 6.10: **Mittlere Energie-CO2-Abgaben – Energie-Umwelt-Initiative**

Modell	CO2- und Energie-Abgabesätze	Auswirkungen			
		Energie/CO2	BIP/Wohlfahrt	Beschäftigung	weitere
ECOPLAN (1996)					
Gleichgewichtsmodell komparativ-statisch Szenario IIIa: Energie-Umwelt-Initiative Szenario IIa als Referenz	I) 2010 II) 2025 Abgabesätze gemäss Szenario IIIa	Energie I) -5% II) -13% CO2 I) -5% II) -15.5%	Inländische Produktion I) -0.13% II) -0.49% Wertschöpfung I) -0.01% II) +0.03%	I) +0.11% II) +0.46%	Strukturwandel positiv: Landwirtschaft, Maschinen, Elektronik negativ: Metalle Transportwesen
PREVIDOLI/STEPHAN (1996)					
Gleichgewichtsmodell Dynamisch Szenario IIIa: Energie-Umwelt-Initiative Szenario I als Referenz Initiative	I) 2010 II) 2030 Abgabesätze gemäss Szenario IIIa	Energie I) ca. -15% II) ca. -40% CO2 keine Antwort	Inländische Produktion I) -0.4% II) -0.26% Wertschöpfung I) -0.1% II) -0.9%	Keine Antwort	Strukturwandel positiv: Tabak, grafisches Gewerbe, Elektro, Maschinen, Banken, Versicherungen negativ: restliche Branchen

Anpassungskosten führen zu pessimistischeren Ergebnissen

Die Studie von PREVIDOLI/STEPHAN (1996) (Tabelle 6.10) rechnet mit den gleichen Abgabesätzen wie ECOPLAN (1996). Hingegen wird methodisch mit einem dynamischen Gleichgewichtsmodell gearbeitet. Als Referenzwert ist Szenario I (beschlossene Massnahmen) – im Gegensatz zu ECOPLAN (1996) mit Szenario IIa – angenommen worden.

PREVIDOLI/STEPHAN (1996) schätzen den Energierückgang mit zirka 15 Prozent (Jahr 2010) bzw. zirka 40 Prozent (Jahr 2030) höher ein als ECOPLAN (1996). Im wesentlichen ist dies durch die Referenzbasis zu erklären, die – im Gegensatz zu ECOPLAN (1996) – vom BEW-Szenario I ausgeht und so auch Minderungen des Szenarios II einschliesst. Werden diese Unterschiede bereinigt, so ergeben sich praktisch identische Energiereduktionen.

Für Produktion und Wertschöpfung verzeichnen PREVIDOLI/STEPHAN (1996) für die berechnete Periode von 40 Jahren leichte Einbussen von unter einem Prozent (zirka 300 Millionen Franken insgesamt), was einem jährlichen Verlust an Wertschöpfung von zirka 3 Millionen Franken gleichkommt. Die These der doppelten Dividende wird somit in ihrer starken Form schwach falsifiziert. Dabei werden die reduzierten externen Kosten nicht berücksichtigt. Auf die Beschäftigungseffekte geben PREVIDOLI/STEPHAN (1996) keine Antwort, über Win-win-Effekte in schwacher Form kann also nichts gesagt werden. Das Modell geht von Vollbeschäftigung aus.

Die leicht pessimistischeren Werte von PREVIDOLI/STEPHAN (1996) für die Produktion bzw. die Wertschöpfung gegenüber ECOPLAN (1996) (zirka 0.5 Prozent oder zirka 150 Millionen Franken positiver über 35 Jahre) lassen sich durch den Unterschied dynamisches versus komparativ-statisches Gleichgewichtsmodell erklären: Das dynamische Modell bildet die laufenden Energiepreiserhöhungen der einzelnen Wirtschaftssubjekte (Haushalte/Unternehmen) ab. Es kann angenommen werden, dass die entsprechenden Reaktionen (zusätzliches Energiesparverhalten, Ausrichtung der Investitionen) nur verzögert ablaufen. Diese gelagten Prozesse können als Anpassungskosten interpretiert werden. Bei ECOPLAN (1996) werden die Anpassungsprozesse hingegen nicht explizit abgebildet. Es werden einzig komparativ-statische Vergleiche über längere Zeiträume von 20 Jahren (1990-2010) bzw. 35 Jahren simuliert. Eine problemlose Antizipation der Preissignale wird angenommen, die keine Anpassungskosten verursacht. Mit diesem Vorgehen werden die volkswirtschaftlichen Kosten bei ECOPLAN (1996) vermutlich leicht unterschätzt; bei PREVIDOLI/STEPHAN (1996) ist eine zu pessimistische Beurteilung nicht auszuschliessen. Welche Anpassungskosten effektiv anfallen, müsste letztlich empirisch – und nicht allein aufgrund von Modellsimulationen – geklärt werden. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Anpassungskosten beim Einsatz von geeigneten flankierenden Massnahmen (Information, Beratung, Benchmarking usw.) effektiv gering sind. Marktintransparenzen können stark reduziert werden und so zu einem reibungslosen Übergang an die höheren Energiepreise beitragen.

Weitere Differenzen – auf die im vorliegenden Zusammenhang nicht detailliert einzugehen ist – zwischen den Studien PREVIDOLI/STEPHAN (1996) und ECOPLAN (1996) bestehen bei der Modellierung des Aussenhandels und den Annahmen über die Substitutionselastizitäten. An der positiven Schlussfolgerung bezüglich einem Alleingang – zu der beide Untersuchungen gelangen – ändert sich aber nichts.

Tabelle 6.11: **Energieintensive Betriebe: Partialanalyse der Wettbewerbsfähigkeit**

Modell	CO2- und Energie-Abgabesätze	Auswirkungen			
		Energie/CO2	BIP/Wohlfahrt	Beschäftigung	weitere
BASICS (1996)					
Partialanalyse statistische Erhebung Interviews Expertengespräche Mini-Delphi Ziel: Auswirkungen Industrie Dienstleistungen, v.a. energieintensive Betriebe	Szenario IIIa Zeithorizont 2025 Netto-Abschneidegrenze 1% der Produktionskosten	Energie: - 11% (-14.6%) davon: - Effizienzeffekt: 9% - Mengeneffekt: 2% (Rückgang/ Zunahme)	Produktionsrückgang ca. -5% für Alu,Textil, Papier, Zellstoff ca. -3 - 4% für chemische Grundstoffe, Steine/Erde, Eisen/Stahl	keine Antwort	Ca. 1'000-2'000 Unternehmen von Sonderregelung tangiert Konzentrationen Gefährdung Grenzbetriebe tendenziell stärkere Belastung der Randregionen

6.2.5 Wettbewerbsfähigkeit: Sonderregelungen als Schlüsselelement

BASICS (1996) untersucht die wirtschaftlichen Auswirkungen der Energie-Umwelt-Initiative auf Industrie und Dienstleistungen – vor allem auf energieintensive Branchen und Betriebe – mit einem partialanalytischen Ansatz (Tabelle 6.11): Statistiken werden ausgewertet und Wirtschaftsvertreter interviewt. Weiter wurde eine Mini-Delphi-Umfrage bei Unternehmens- und Wirtschaftsvertretern durchgeführt. Die Studie BASICS (1996) stützt sich somit auf Einschätzungen der direkt betroffenen Unternehmen ab. Grundsätzlich äussern sie sich dabei zu marktwirtschaftlichen Instrumenten positiv, wenn auch im Detail Einwände gemacht werden.
Wenn die Energieabgaben auf ihre vorgesehene Höhe gestiegen sind (im Jahr 2025) und Preiszuschläge von 50 Prozent (Strom) bis 130 Prozent (Öl) verlangt werden, werden rund 1'000 bis 2'000 Unternehmen tangiert, die mit einer zusätzlichen Nettobelastung (höhere Energiekosten abzüglich Reduktion der AHV-Lohnkosten) von mehr als einem Prozent der Produktionskosten zu rechnen haben. Gemäss Modellüberlegungen sollen für diese Betriebe Sonderregelungen eingeführt werden, indem Mehrkosten über einem Prozent (gemessen an den Produktionskosten) nicht bezahlt werden müssen bzw. eine Rückerstattung vorgenommen wird.

Die wichtigsten Reaktionsmechanismen auf Energiepreissteigerungen sieht BASICS (1996) wie folgt:

- Kurzfristig sind – vor allem bei nichtenergieintensiven Branchen und Betrieben – noch Sparmassnahmen ohne Kostenfolgen möglich. Mittel- und längerfristig gibt es ein technologisches Sparpotential mit Kostenfolgen, das sich bei energieintensiven Branchen und Betrieben aber nur auf wenige Prozent beschränkt. Deutlich höhere Effizienzpotentiale von 10 bis 20 Prozent gibt es bei nichtenergieintensiven Unternehmen.
- Preisüberwälzungen sind für Massengüter (Commodities) – ausser für Spezialitäten – kaum möglich. Tendenziell schwächt sich der Auslandschutz leicht ab und die Importsubstitution verstärkt sich mässig.
- Eigentliche Standortverlagerungen sind nicht abzusehen. Allenfalls können zukünftige Standortsentscheide zuungunsten der Schweiz gefällt werden. Die höheren Energiepreise spielen dabei eher die Rolle eines möglichen negativen Zusatzarguments. Entscheidend sind weiterhin die allgemeinen Standortbedingungen für energieintensive Betriebe (Lohn- und Kapitalkosten, Bewilligungen und Auflagen, Wechselkurs etc.).
- Längerfristig wird die Tendenz zu weniger energieintensiven Produkten und Produktionsverfahren unterstützt.

Sektoriell sind die gleichen Branchen bzw. vor allem energieintensive Betriebe speziell betroffen, wie sie in den Studien STEPHAN et al., PROGNOS und ECOPLAN bereits lokalisiert worden sind. In der Studie BASICS (1996) wird zudem der Hinweis gemacht, dass der laufende Konzentrationsprozess tendenziell beschleunigt wird und am ehesten Grenzunternehmen gefährdet werden.

Sonderregelung „1%-Nettobelastung" wird bevorzugt

Gemäss den Befragungsergebnissen von BASICS (1996) ist eine Sonderregelung mit einer Abschneidegrenze bei einem Prozent Nettobelastung zu bevorzugen. Weitere Modelle wie Grenzausgleich (d.h. dass graue Energieimporte nach ihrem Energiegehalt mit den Energieabgaben belastet werden; Exporte werden um ihre Energiekosten entlastet), Branchenlösungen, Belastung der Energie mit speziell hohen Sätzen im Rahmen der Mehrwertsteuer usw. werden aus Gründen der Praktikabilität (Transparenz, Vollzugsaufwand, Berechenbarkeit für Unternehmen) verworfen. [3]
Selbstverständlich darf im Rahmen des Vollzugs der Sonderregelung „Nettoeffekte" den Unternehmen keine Liquidität entzogen werden: Die Rückerstattung zusätzlicher Energiekosten, die ein Prozent übersteigen, muss monatlich oder zweimonatlich vorgenommen werden. Dabei können Schätzungen des Verbrauchs im vergangenen Jahr beigezogen werden. Bei schnell wachsenden Betrieben ist eine Gegenwartsschätzung vorzunehmen. [4]
Zusammenfassend hält BASICS (1996) fest, dass sich die mengenmässigen Auswirkungen der vorgesehenen Abgaben der Energie-Umwelt-Initiative im Rahmen halten. Gesamthaft gesehen kann die Initiative die Existenz der Industrie nicht gefährden, sie beschleunigt aber den Strukturwandel und ist ein Mosaikstein für die schon an sich nicht sehr rosigen und sich verschlechternden Rahmenbedingungen der Grundstoffindustrie in der Schweiz.
Bei dieser Beurteilung von BASICS (1996) darf nicht übersehen werden, dass auftragsgemäss weder zu verbesserten Rahmenbedingungen noch zu einer optimierten Einführung höherer Energieabgaben Überlegungen anzustellen waren. Wohl werden flankierende Massnahmen wie

- Forschung und Entwicklung
- Technologietransfer
- Contracting
- Agreements
- Subventionen

angesprochen (BASICS, 1996, S. 68 ff.). Das Potential und die Chancen können aber nicht abgeschätzt werden. Ebenfalls wird das Optimierungspotential erhöhter Kompensationen an die Wirtschaft nicht ausgelotet. Bei einer stärkeren Rückerstattung an die Wirtschaft – zulasten der Haushalte – könnten mögliche Anpassungskosten weiter reduziert werden. Der damit – zumindest kurzfristig – provozierte Verteilungs-

[3] In diesem Sinn MEIER/WALTER (1991) mit einer eingehenden Diskussion der Aussenhandelsneutralität, S. A-12 - A-20. Weitere Varianten finden sich in: INFRAS (1995), THALMANN (1997).

[4] Einen möglichen Liquiditätsentzug moniert Erdmann (ERDMANN, 1997) und gelangt prompt zum – bei dieser Annahme unbestrittenen – Schluss, Unternehmen hätten untragbare Lasten zu tragen. Erdmann glaubt auch, dass Unternehmen mehr Energie verbrauchen würden, um in den Genuss der Sonderregelungen zu gelangen. Offensichtlich ist es Erdmann entgangen, dass sich ein Unternehmen mit einem derartigen Verhalten schlechter stellen würde. Auf weitere Annahmen und Hypothesen dieses Autors wird an dieser Stelle nicht eingegangen.

konflikt – könnte sich bei einer verbesserten Wachstums- und Beschäftigungslage mittelfristig entschärfen. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass bei einer wirtschaftsfreundlichen Kompensation die höheren gesamtwirtschaftlichen Vorteile allen Haushalten – vor allem auch den ärmeren – zugute kommen. Empirische Ergebnisse über derartige dynamische Prozesse liegen zur Zeit nicht vor.

6.2.6 Klimaszenario mit Chancen und Unwägbarkeiten

In PROGNOS (1997) wird das BEW-Szenario IV oder das Klimaszenario analysiert (Tabelle 6.12): Die Chancen einer nachhaltigen Energie- und CO2-Entwicklung werden aufgezeigt. Gemäss dem Absenkpfad des IPCC (vergleiche dazu Kapitel 5) soll die Schweiz als entwickeltes Industrieland bis 2050 die CO2-Emissionen um -80 Prozent reduzieren. Für das Jahr 2010 bedeutet dies, dass eine Verminderung von -25 Prozent und im Jahr 2030 eine Reduktion um -60 Prozent erreicht werden soll. Dies erfordert entschiedene energiepolitische Massnahmen. Von PROGNOS (1997) wird eine Erhöhung der Energiepreise um gut 200 Prozent bis zum Jahr 2030 als entscheidendes Instrument vorgeschlagen. Dies bedeutet jährliche Preissteigerungen von 4 Prozent. Im Jahr 2010 betragen die Preissteigerungen rund 50 Prozent.
Die Analyse der wirtschaftlichen Auswirkungen kann sich nicht auf gesichertem methodischen Terrain bewegen. Weder Input-Output-Analysen noch berechenbare Gleichgewichtsmodelle sind geeignet, weitgehende – und vor allem über einen längeren Zeitraum ansteigende – Preisveränderungen zu analysieren. Insbesondere lassen sich zu erwartende Strukturveränderungen mit Rückkoppelungen auf die gesamte wirtschaftliche Entwicklung mit bisher bekannten Modellen nicht quantitativ abbilden. Von PROGNOS (1997) wird deshalb ein heuristisches Vorgehen eingeschlagen: Unter Berücksichtigung wichtiger Wirkungsmechanismen sollen qualitative Abschätzungen zu plausiblen Trendaussagen führen.

Die Bedingungen des Klimaszenarios

Die Abschätzungen der PROGNOS (1997) sind durch vier zentrale Bedingungen geprägt:

- Die Rahmenbedingungen, wie sie für die Szenarien I-III formuliert wurden, sollen auch für das Szenario IV gelten.
- Die Energiepreissteigerungen sollen international koordiniert, d.h. zumindest unter den wichtigsten Industrieländern eingeführt werden. Ein Alleingang der Schweiz oder weniger Industrieländer wird von vornherein ausgeschlossen. Allfällige Probleme mit der internationalen Wettbewerbsfähigkeit bzw. dem Vollzug von Sonderregelungen fallen definitionsgemäss dahin.

Tabelle 6.12: **Klimaszenario: Partialanalyse wirtschaftliche Auswirkungen**

Modell	CO2- und Energie-Abgabesätze	Auswirkungen			
		Energie/CO2	BIP/Wohlfahrt	Beschäftigung	weitere
PROGNOS et. al. (1997)					
Potentialanalysen Tabellenkalkulation heuristisch/spekulativ internationale Kooperation Technologieoptimismus Akzeptanz Zeithorizont: 2030/2050 Ziel: Klimaszenario gemäss IPCC: CO2 -80% bis 2050 für Industrieländer	I) 2010 - Öl +50% - Strom +40% - Treibstoffe +50% II) 2030 - Öl +230% - Strom +200% - Treibstoffe +200% ca. +4%/Jahr Technologie-Forcing weitere Massnahmen ergänzend	2030: -45% CO2 gegenüber 1990	keine Antwort quantitativ relativ geringe Effekte, ev. positiv	keine Antwort quantitativ Chancen für positive Effekte	ausgeprägte Brancheneffekte eher positive Aussenwirtschaftseffekte massive technische Umstrukturierung

- Es wird von einer optimistischen technischen Entwicklung ausgegangen. Konkret sollen sich die heute bekannten, besten Umwelt- und Energietechnologien durchsetzen. Eine wesentliche Steigerung der Energieeffizienz auf der Produktions- und der Nutzungsseite wird erwartet. Hingegen werden keine technologischen Sprünge angenommen: Technologische Revolutionen, die kostengünstig und sauber die Energienutzung sicherstellen würden, werden nicht berücksichtigt. [5]
- Es wird mit der Akzeptanz von Energiepreissteigerungen auf nationaler und internationaler Ebene gerechnet.

Die Schätzungen ergeben, dass das gesetzte Ziel einer CO2-Reduktion um -60 Prozent bis ins Jahr 2030 nur zu 75 Prozent erreicht wird. Gegenüber 1990 soll eine Reduktion von -45 Prozent der CO2-Emissionen möglich sein.

Bei erfüllten Voraussetzungen tendenziell positive wirtschaftliche Effekte

Die wichtigsten Ergebnisse der wirtschaftlichen Effekte können wie folgt zusammengefasst werden:

- Quantitative Aussagen zum Wachstum können nicht gemacht werden. Qualitativ wird festgehalten, dass die gesamtwirtschaftlichen Effekte nicht sehr gross sein werden. Immerhin ist festzustellen, dass sich die Ausgaben für importierte fossile Energieträger auf die schweizerische Volkswirtschaft verlagern und damit positive Binneneffekte nach sich ziehen. Die durch Energiepreissteigerungen induzierten Energieinvestitionen werden positive Wachstums- und Beschäftigungseffekte auslösen.

  Mit grosser Wahrscheinlichkeit kann ein wirtschaftliches Katastrophenszenario im Rahmen einer forcierten Klimapolitik ausgeschlossen werden. Die zu erwartenden Anpassungskosten können aber nicht eindeutig geschätzt werden: Wie stellen sich die Wirtschaftssubjekte auf die laufend steigenden Energiepreise ein? Mit welchen Kosten ist zu rechnen, um Umstrukturierungen vorzunehmen, damit die Chancen effizienter Energietechnologien kostengünstig genutzt werden? Welche Rückkoppelungen sind von den wahrscheinlichen weltweiten Umstrukturierungen zu erwarten? Empirische Erfahrungen sind zu diesen Fragen bisher kaum vorhanden. Im Prinzip können aufgrund des heutigen Wissensstandes nur Spekulationen gemacht werden.
- Zu den Beschäftigungseffekten werden ebenfalls keine quantitativen Aussagen gemacht. Aufgrund der relativen Verminderung der Arbeitskosten verbessern sich aber die Chancen für eine günstige Beschäftigungssituation bzw. ein höheres Arbeitsvolumen. Die Kenntnis über Substitutionsbeziehungen zwischen Energie, Arbeit und Kapital fehlt für Szenarien, in denen sich die einzelnen Faktoren stark verändern. Auch gibt es keine empirische Erfahrungen für eine Rücksubstitution vom Faktor Energie zum Faktor Arbeit.
- Die Struktureffekte werden mit grosser Wahrscheinlichkeit recht massiv ausfallen. Der herkömmliche Energiesektor und die energieintensiven Branchen werden Einbussen erleiden und zu den Verlierern gehören. Die Export- und Importnachfrage werden abnehmen, sie verlieren dadurch Umsatz- und Wertschöpfungsanteile. Zu den Gewinnern werden forschungs- und technologieintensive Branchen mit einem geringen Anteil an Energiekosten gehören. Dazu sind Maschinenbau, EDV, Elektrotechnik und Uhrenindustrie zu rechnen. Das Baugewerbe wird von der massiven Nachfrage nach verstärkten Gebäudesanierungen profitieren. Allenfalls führt dies auch für Steine/Erde zu einem positiven Nettoeffekt (Reduktion aufgrund der Energieintensität vs. Zunahme durch erhöhte Baunachfrage).

[5] Im Kapitel 6.1.6 Tabelle 6.3 werden Potentiale dargestellt.

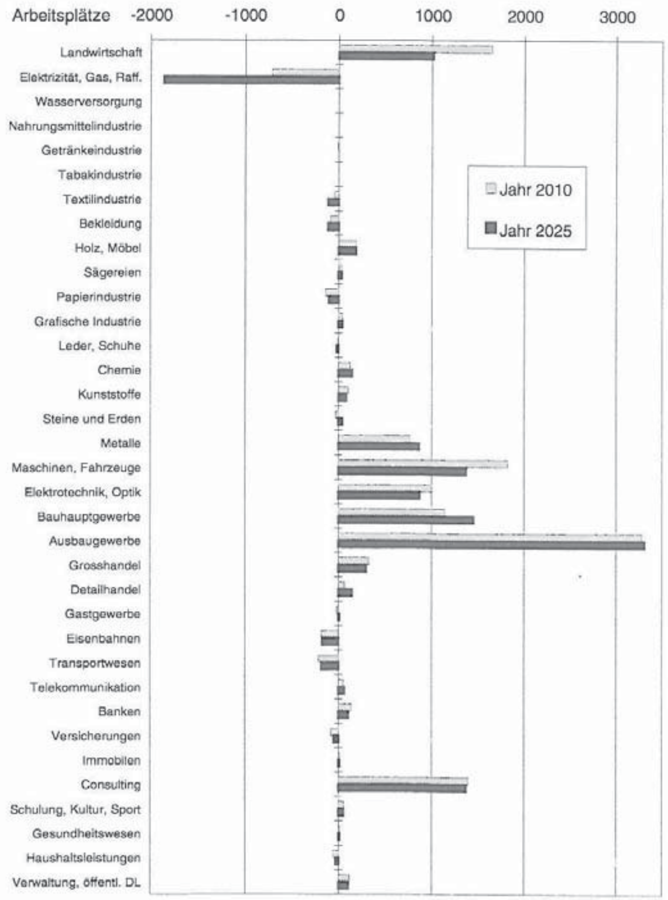
Eine definitive Schätzung der Auswirkungen eines Klimaszenarios ist zur Zeit nicht möglich. Letztlich entscheidet der Realitätsbezug der getroffenen Annahmen, inwiefern Chancen tatsächlich wahrgenommen werden können.

6.2.7 Solarinitiative: Beschäftigung und Wachstum positiv

E. BASLER PARTNER/ECOPLAN (1996) evaluieren die wirtschaftlichen Auswirkungen der Solarinitiative, der Kombination der Solarinitiative mit der Energie-Umwelt-Initiative sowie mit einem um die Hälfte reduzierten Abgabesatz, wie er bei der Solarinitiative vorgesehen ist (0.25 Rappen/kWh statt 0.5 Rappen/kWh). Einerseits werden Partialanalysen eingesetzt, die sich auf Expertengespräche und statistische Auswertungen stützen. Anderseits kommt das berechenbare Gleichgewichtsmodell von ECOPLAN (1996) zum Zuge (Tabelle 6.13).
Gemäss Solarinitiative wird die Hälfte der Einnahmen von 890 Millionen Franken pro Jahr aus der Abgabe von 0.5 Rappen/kWh für die Solarenergie (Kollektoren, Photovoltaik, Biomasse, passive Solarnutzung) eingesetzt. Für diese Bereiche sind je nach Potential und Wirtschaftlichkeit Fördersätze von 4 bis 14 Rappen/kWh pro produzierter kWh Energie vorgesehen. Für die rationelle Energienutzung wird mit nur halb so hohen Fördersätzen kalkuliert. Mit speziell hohen Fördersätzen soll die Photovoltaik unterstützt werden.
Die energetischen bzw. CO2-Effekte der Solarinitiative sind mit einem Rückgang von zirka -3 Prozent (Jahr 2010) bzw. zirka -8 Prozent im Jahr 2025 relativ bescheiden. Weit grösser sind die Auswirkungen in Kombination mit der Energie-Umweltinitiative. Wird nur die „halbe" Solarinitiative realisiert (Abgabe von 0.25 Rappen/kWh) und werden die eingenommenen Mittel für die rentabelsten Bereiche verwendet, so zeigt sich eine überproportional positive Wirkung: Der Energieverbrauch und der CO2-Ausstoss werden mehr als halbiert. Es zeigt sich, dass die hälftige Verwendung für die Solarproduktion aus Effizienzgründen nicht unproblematisch ist. Das Resultat könnte sich weiter verbessern, wenn für rationelle Energienutzung die gleichen Fördersätze wie für Energieproduktion gelten würden. Aus Effizienzgründen sollte die rationelle Energienutzung gegenüber der Energieproduktion nicht benachteiligt werden.
Die Studie E. BASLER PARTNER/ECOPLAN (1996) gelangt für die Solarinitiative zu durchwegs positiven wirtschaftlichen Resultaten. Die starke Form der Double-Dividend-These wird bestätigt. Sowohl Produktion und Wertschöpfung wie auch Beschäftigung weisen positive Werte auf. Wiederum zeigt sich, dass die halbe Solarinitiative zu überproportional hohen Werten führt. In Kombination mit der Energie-

Umweltinitiative verbessern sich die wirtschaftlichen Auswirkungen spürbar. Für das Jahr 2025 zeigen sich recht ausgeprägte Win-win-Effekte.

Abb. 6.4: **Beschäftigungseffekte Solarinitiative nach Branchen**



Quelle: E. BASLER & PARTNER, ECOPLAN 1996, S. 61

Tabelle 6.13: **Tiefe zweckgebundene Lenkungsabgabe (Solarinitiative): Partialanalyse**

Modell	CO2- und Energie-Abgabesätze	Auswirkungen Energie/CO2	BIP/Wohlfahrt	Beschäftigung	weitere
E. BASLER PARTNER/ECOPLAN (1996)					
Partialanalyse Gleichgewichtsmodell Ziel: Szenarien BEW: IIIb) Solarinitiative IIIc) Solar- E-U-Initiative IIId) halbe Solarabgabe Zeithorizont: 2010 2025	IIIb) 0.5 Rp./kWh auf nicht erneuerbare Energie zweckgebundene Verwendung, mindestens 50% Solarnutzung Einnahmen: 890 Mio. Fr. Vollzugsaufwand: ca. 5% oder 45 Mio. Fr. IIIc)=IIIb)+IIIa) (s.oben) IIId) = ½ IIIb)	2010 Energie CO2 IIIb) -3.1% -3.4% IIIc) -6.6% -8.3% IIId) -1.8% -1.8% 2025 Energie CO2 IIIb) -7.9% -7.5% IIIc) -19.1% -21.4% IIId) -5.1% -4.5%	2010 Produktion Wertschöpfung IIIb) +0.21% +0.21% IIIc) +0.13% +0.24% IIId) +0.12% +0.12% 2025 Produktion Wertschöpfung IIIb) +0.12% +0.13% IIIc) -0.25% +0.16% IIId) +0.04% +0.04%	2010 Arbeitsplätze IIIb) 10'650 IIIc) 14'820 IIId) 6'170 2025 Arbeitsplätze IIIb) 8'890 IIIc) 20'910 IIId) 4'540	Strukturelle Auswirkungen: - Branchenwandel - regional: ausgeglichen - sozial: offen (degressiv) Innovationseffekte Einfluss auf: - erhöhte Nachfrage - Preiskonkurrenz - Nutzung technologisches Potential kein Einfluss: Imitationsschutz, Technologiepotential, Kapital, Informationen, Bewilligungen vergleichende Analysen

Die Solarinitiative verändert das Produktionsniveau in keiner Branche um mehr als ein Prozent. Hingegen sind in der Kombination mit der Energie-Umwelt-Initiative die Einbussen von einzelnen Branchen mit bis zu -7 Prozent recht erheblich. Aber nicht nur die Verluste, auch die Gewinne sind in der Kombi-Variante höher.
Die regionale Beschäftigung wird mit der Solarinitiative fast durchwegs positiv beeinflusst, wobei die Veränderungen +0.5 Prozent (gemessen an der regionalen Beschäftigung) nicht übersteigen. In der Kombi-Variante sind die Effekte um einiges ausgeprägter. Einzelne Regionen verbessern ihre Beschäftigung um +2 Prozent. Wenige Regionen verlieren maximal 0.5 Prozent der Arbeitsplätze.

Eher mässige Innovationseffekte

Die Innovationseffekte werden von den Autoren als nicht übermässig hoch bewertet. Am ehesten sehen sie positive Impulse aufgrund der erhöhten Nachfrage in einem zukunftsträchtigen Bereich. Positiv gewertet werden ebenfalls die stärkere Preiskonkurrenz und die Nutzung eines technischen Potentials. Hingegen werden wichtige innovationsbestimmende Faktoren wie der Imitationsschutz[6] und die Entwicklung des technischen Potentials höchstens indirekt verbessert. Ebenfalls würden Hemmnisse bei der Forschung, der Finanzierung und Kapitalbildung sowie allenfalls Restriktionen durch Bewilligungsverfahren (Raumplanung, Umweltmassnahmen) kaum angegangen. Es zeigt sich in diesem Zusammenhang, dass die Effizienz der Solarinitiative durch ein geeignetes Bündel von flankierenden Massnahmen vermutlich entschieden erhöht werden könnte. Die starke Konzentration auf die finanzielle Förderung ist nicht unbedingt mit einem optimalen Entwicklungspfad verbunden. Würden gleichzeitig determinierende und hemmende Innovationsfaktoren stimuliert, so könnten noch weit positivere Wirkungen erzielt werden. Dies dürfte vor allem für eine gezielte Forschung- sowie Aus- und Weiterbildungspolitik gelten. Im Rahmen des Vollzugs der Solarinitiative ist ein konzertiertes Vorgehen durchaus möglich. Es war aber nicht die Aufgabe der Studie E. BASLER PARTNER/ECOPLAN (1996), den Fragen eines optimalen Massnahmen-Mixes nachzugehen.

6.2.8 Energie 2000: Relativ hohe Beschäftigungseffekte

INFRAS (1997) untersuchen die Beschäftigungseffekte von Energie 2000 mit einem partialanalytischen Modell (Tabelle 6.14): Die Effekte energiesparender Investitionen und verbrauchsmindernden Verhaltens, die durch Ressortaktivitäten von Energie 2000 [7] ausgelöst werden, werden geschätzt. Weitestgehend handelt es sich um „weiche" Massnahmen wie Information, Beratung, Marketing, Weiterbildung, Contracting, Vereinbarungen etc. Dafür werden von Energie 2000 insgesamt 15 Millionen Franken eingesetzt. Der Vollzug wird vorwiegend durch private Beratungsfirmen realisiert. Die Beteiligung der Wirtschaft und Haushalte beruht auf Freiwilligkeit.

[6] Zur grossen Bedeutung des Patentschutzes für die Entwicklung der Solarbranche vergleiche MEIER (1995).
[7] Energie 2000 kennt im Jahr 1998 acht Ressorts: Wohnen, Industrie, Dienstleistungen, öffentliche Hand, Gewerbe, Verkehr, erneuerbare Energien, Spitäler.

Tabelle 6.14: **Energie 2000: Partialanalyse der Beschäftigungseffekte**

Modell	CO2- und Energie-Abgabesätze	Auswirkungen				
		Energie/CO2	BIP/Wohlfahrt	Beschäftigung	weitere	
INFRAS (1997)						
Partialanalyse mit Schätzmodell	Referenzentwicklung	Reduktion Energie	keine Antwort	Arbeitsplätze	grosse Unsicherheiten bezüglich Hebelwirkungen	
Ziel:	Ressortaktivitäten, u.a.:	1996: -0.7%		1996: +1'500 oder +0.4%	Induzierte Brutto-Investitionen:	
Beschäftigungseffekte Ressortaktivitäten von Energie 2000	Informationen	2000: ca. -2.0%		2000: +4'600	1996: 200 Mio. Fr.	
Zeithorizont	Beratung				2000: 580 Mio. Fr.	
1990	Vereinbarungen				Brancheneffekte:	
1996	Aus- und Weiterbildung				+ Baubranche, Maschinen, Elektro	
2000	Contracting				- ca. 100 Arbeitsplätze Energie	
	Marketing				nachhaltige Arbeitsplätze	
	Mittel: 15 Mio. Fr.				Innovationseffekte	
	Hebelwirkungen:					
	1996: 14					
	2000: 40					

Quelle: Siehe Tabelle, eigene Zusammenstellung

Gemäss Auskünften der Ressortleiter von Energie 2000 wurden im Jahr 1996 durch ihre Aktivitäten der Energieverbrauch insgesamt um 0.7 Prozent reduziert und ein Investitionsvolumen von rund 200 Millionen Franken ausgelöst. Für das Jahr 2000 sollen – bei gleichem Mitteleinsatz von 15 Millionen Franken – zirka 2 Prozent weniger Energie verbraucht werden. Die induzierten Investitionen werden auf 580 Millionen Franken geschätzt. Diese werden aufgrund der spezifischen Arbeitsplatzintensitäten der involvierten Branchen in Bruttobeschäftigungseffekte umgerechnet. Davon werden einerseits die Verluste in der Energiebranche, die durch verminderten Energiekonsum zustande gekommen sind (ca. -100 Arbeitsplätze) abgezogen und ebenso die Verluste an Arbeitsplätzen, die dadurch entstanden sind, dass der gesamten Wirtschaft die für Energieinvestitionen gebrauchten Gelder fehlen. Anderseits lösen die Minderausgaben für Energie – d.h. Mittel, die andernfalls zu einem hohen Anteil ins Ausland abfliessen – zusätzliche Impulse in der Binnenwirtschaft mit positiven Beschäftigungseffekten aus. Das Ergebnis ist der Nettobeschäftigungseffekt, der für das Jahr 1996 mit +1'500 Arbeitsplätzen ausgewiesen wird. Im Jahr 2000 sollen es +4'600 Arbeitsplätze sein.

Weiche Massnahmen wirken kurzfristig und schöpfen begrenztes Potential aus

Wie die Autoren von INFRAS (1997) ausführen, ist die Hebelwirkung der eingesetzten Mittel von 15 Millionen Franken zu den 200 Millionen Franken – was einem Faktor von 14 für das Jahr 1996 und von 40 für das Jahr 2000 ergibt – mit grossen Unsicherheiten verbunden. Etwa im Vergleich zur Studie Solarinitiative von E. BASLER PARTNER/ECOPLAN (1996) ist die Hebelwirkung rund viermal (Vergleich 1996) bzw. zehnmal (Vergleich 2000) höher. Dieser Unterschied lässt sich durch hohe unausgeschöpfte und rentable Energieeffizienzpotentiale erklären, die in den 90-er Jahren offensichtlich vorhanden sind. Es ist zu vermuten, dass diese Potentiale in absehbarer Zeit ausgeschöpft sind und sich mit weichen Massnahmen nicht mehr allzu viel ausrichten lässt. Es dürfte ein Trugschluss sein, über längere Zeiträume und für vermehrte Mittel hohe Hebelwirkungen anzunehmen. Vielmehr ist zu erwarten, dass die rentablen Massnahmen in den nächsten Jahren nur noch mit zusätzlichen Anreizen (Preiserhöhungen, Subventionen) mobilisiert werden können.
Die weiteren Annahmen in der Analyse INFRAS (1997) sind weit weniger sensibel. So dürfen die Struktureffekte durch die Verlagerung der Nachfrage nach Energiesparinvestitionen weg von der Energiebranche als gesichert angesehen werden. Entscheidender Faktor ist hier die massiv unterschiedliche Arbeitsplatzintensität. Ebenfalls ist die erhöhte Binnennachfrage von einiger Plausibilität. Mit der angenommenen Multiplikatorwirkung von 1.3 ist ebenfalls auf der sicheren Seite gerechnet worden.

6.3 Synthese und Schlussfolgerungen zu den Auswirkungen von Energie- und CO2-Massnahmen

Aufgrund des Überblicks über die vorliegenden Untersuchungen über Energie- und CO2-Massnahmen – insbesondere mögliche Energiepreiserhöhungen – können folgende zusammenfassende Schlussfolgerungen gezogen werden.

1. **Energie- und CO2-Abgaben reduzieren Verbrauch und Emissionen spürbar**

   Die Ergebnisse weisen insgesamt eine hohe Homogenität auf. Von allen Untersuchungen werden spürbare Energie- und CO2-Reduktionen festgestellt. Im einzelnen liegen über das Ausmass gewisse Differenzen vor. Die detaillierte Analyse zeigt aber, dass an der grundsätzlichen Beurteilung der Reaktionsmechanismen nicht gezweifelt wird. Vielmehr spielt für die Einschätzung des Ausmasses etwa das gewählte Referenzszenario eine ausschlaggebende Rolle. Werden diese Korrekturen berücksichtigt, so zeigen sich bei mässigen Abgaben – d. h. Preiserhöhungen von zirka +30 bis +40 Prozent über eine längere Zeitdauer – Energie- und CO2-Reduktionen von zirka -5 bis -10 Prozent. Steigen die Abgaben während mehrerer Jahre (z.B. +3 Prozent pro Jahr) auf plus rund 100 Prozent an, so wird ein Rückgang des Energieverbrauchs und CO2-Ausstosses von -20 bis -30 Prozent erwartet. Ein wesentlicher Schritt in Richtung nachhaltige Klimapolitik kann damit getan werden; die Etappenziele des IPCC werden aber kaum erreicht. Es müssen offensichtlich weitergehende Massnahmen ergriffen werden, wenn die Klimaforderungen zum Nennwert genommen werden.

2. **Geringe gesamtwirtschaftliche Auswirkungen**

   Grosse Übereinstimmungen lassen sich auch bei der Schätzung der wirtschaftlichen Auswirkungen feststellen. Durchwegs wird festgehalten, dass die gesamten volkswirtschaftlichen Auswirkungen (u.a. Wachstum, Beschäftigung, Wettbewerbsfähigkeit) bei relativ griffigen Energie- und CO2-Massnahmen gering sind. Gegenüber gesamtwirtschaftlichen Veränderungen wie Wechselkursschwankungen, technische Innovationen usw. sind sie praktisch vernachlässigbar.

3. **Tiefe Energie- und CO2-Abgaben: Win-win-Effekte mit hoher Sicherheit**

   Vor allem jüngere Studien zeigen, dass bei tiefen und mittleren Energiepreiserhöhungen mit Win-win-Effekten gerechnet werden kann, d.h. es sind – neben den Energie- und CO2-Reduktionen – gleichzeitig positive Wachstumsimpulse (Double-Dividend in starker Form) und Beschäftigungseffekte (Double-Dividend in schwacher Form) zu erwarten. Die doppelte Dividende in schwacher Form wird praktisch durchwegs verifiziert, teilweise sogar auch die Double-Dividend in starker Form. Falls Wachstumseinbussen gesichtet werden, so werden diese in allen jüngeren Studien als bescheiden bezeichnet. Sie werden von den reduzierten externen Effekten – die ebenfalls als ein Wohlfahrtselement zu betrachten sind – mehr als kompensiert.

4. Modus der Rückerstattung von grosser Bedeutung

Für das Ausmass der doppelten Dividende spielt die Ausgestaltung der Energie- und CO2-Abgaben und vor allem auch die Rückerstattung der Einnahmen eine entscheidende Rolle: Win-win-Effekte sind desto höher, je stärker die Lohnkosten bzw. der Grenzsteuersatz reduziert werden. Bei einer Rückerstattung der Einnahmen pro Kopf an die Haushalte und vor allem bei einer Erhöhung der Staatsquote ist höchstens mit geringen oder gar keinen Win-win-Effekten zu rechnen. Damit ist evident, dass der Rückerstattungsmodus einen Trade-off zwischen Allokation und Verteilung impliziert.

Die bisherigen Studienergebnisse lassen keinen Schluss zu, ob dieses Spannungsfeld in einer mittel- bis längerfristigen Perspektive zu überbrücken wäre, indem die allokativen Gewinne in einer zweiten Runde positive Verteilungseffekte nach sich ziehen könnten. Jedenfalls ist dies grundsätzlich nicht auszuschliessen. In methodischer Hinsicht müssten die dynamischen Gleichgewichtsmodelle weiterentwickelt werden, um dies quantitativ beurteilen zu können. Selbstverständlich stellen aber primär allokativ ausgerichtete Rückerstattungsstrategien hohe Anforderungen an die politische Machbarkeit.

5. Geringe Beschäftigungseffekte

Das Ausmass der positiven Wirtschaftseffekte bei Energie- und CO2-Massnahmen darf allerdings nicht überschätzt werden. Gemäss den Untersuchungen verbessern sich Wachstum und/oder Beschäftigung im Laufe von mehreren Jahren bzw. Jahrzehnten im besten Fall um wenige Prozent. Klimabezogene Energie- und CO2-Massnahmen bzw. eine ökologische Steuerreform können wohl auch einen Betrag zur Beseitigung der Arbeitslosigkeit leisten, die möglichen Effekte dürfen aber nicht überschätzt werden.

6. Verlagerung Importnachfrage, erhöhte Investitionen, Multiplikatoreffekte, arbeitsintensive Branchen

Im Grunde mutet die Bestätigung einer doppelten Dividende als kleines Wunder an. Sie ist erklärungsbedürftig. So darf sie nicht einfach unbesehen auf andere Länder oder gar auf die gesamte Welt übertragen werden. Es sind spezifische – und in den dargestellten Studien weitestgehend gründlich analysierte Mechanismen – die für die Schweiz zu Win-win-Effekten führen: Verlagerung der importierten Energienachfrage auf die Binnenwirtschaft, Anreize zu Energiesparinvestitionen mit erhöhter Investitionsquote und Multiplikatoreffekten, Strukturwandel weg von der kapitalintensiven Energiebranche zu arbeitsintensiveren Branchen (z.B. Bauwirtschaft). Diese Effekte werden vor allem in Partialanalysen (Bottom-up-Modellen) und Input-Output-Analysen abgebildet. Diese Analysen kommen denn auch in der Regel zu ausgeprägteren Wirtschaftseffekten als Gleichgewichtsmodelle.

7. Vorausgang als Chance für die Schweiz

Die Studienergebnisse legen für die Schweiz einen klimapolitischen Alleingang (besser Vorausgang) nahe: im Vergleich mit dem Kooperationsmodell werden zumindest gleich positive, teilweise sogar höhere Wachstums- und Beschäftigungseffekte erzielt, wobei dieses Ergebnis insbesondere für die kurz- und mittelfristige Perspektive als gesichert gelten kann.

Dieses Ergebnis ist leicht zu erklären: Bei einer koordinierten Einführung von höheren Energiepreisen, d.h. in der EU und/oder in den wichtigsten industrialisierten Ländern, ist weltweit mit einem – leichten – Wachstumsverlust zu rechnen. Davon werden auch die Exporte der Schweiz negativ betroffen, was im Vergleich zum Vorausgang zu Wachstums- und Beschäftigungseinbussen führt. Verpasst die Schweiz einen wirtschaftlichen Vorausgang, so lässt sie eine wirtschaftliche Chance aus.

8. Absicherung des Vorausgangs: Internationale Klimapolitik notwendig

Die längerfristigen Perspektiven eines ökologischen Vorausgangs sind unsicherer. Sie hängen entscheidend von der internationalen Klimapolitik ab. Die Vorteile des Vorausgangs können nur aufrecht erhalten werden, wenn weltweit oder zumindest in den industrialisierten Ländern die Energiepreise mittelfristig ebenfalls erhöht werden. In dieser Situation ist mit grosser Wahrscheinlichkeit zusätzlich ein First-Mover-Vorteil zu erwarten. Bereits entwickelte energieeffiziente Technologien werden auf dem Weltmarkt attraktiv. Die Nachfrage nach ihnen wird zunehmen, es erschliessen sich für die Schweizer Wirtschaft neue Exportmärkte. Falls die Energiepreise nicht weltweit ansteigen, ist kaum mit einem Durchbruch von forciert energiesparenden Produkten und Verfahren zu rechnen. Längerfristige First-Mover-Effekte würden sich kaum einstellen. Dies würde aber mit grosser Wahrscheinlichkeit auch heissen, dass das Klimaproblem nicht gelöst würde.

9. Hoher direkter Nutzen für die Schweiz

Mit einem umweltpolitischen Vorausgang im Klimabereich wird keineswegs nur ein Beitrag an die internationale Staatengemeinschaft geleistet. Die reduzierten externen Kosten zeigen, dass diese in einem hohen Ausmass hausgemacht sind und der Nutzen einer Verminderung des Energieverbrauchs und des CO2-Ausstosses lokal und regional anfällt. Der Beitrag der reduzierten externen Kosten – der als internationaler Beitrag verbucht werden kann – beträgt nur zirka 20 Prozent. Zudem zeigt sich, dass Energie- und CO2-Massnahmen sehr wohl verschiedene Ziele – d.h. in diesem Fall internationale und nationale Umwelteffekte – gleichzeitig und effizient zu erreichen vermögen.

10. Offizielle Klimaziele: Zurückhaltend

Angesichts der klimapolitischen Notwendigkeiten und den möglichen positiven – wenn auch relativ bescheidenen – Wachstums- und Beschäftigungseffekten müssen die vom Bundesrat festgelegten CO2-Ziele als zu zurückhaltend bezeichnet werden. Angesichts des vorhandenen technischen, umwelt- und wirtschaftspolitischen Potentials drängt sich eine weitergehende Zielvorgabe auf, die näher beim Absenkpfad einer nachhaltigen Klimapolitik liegt.

Gleichzeitig sollte für die CO2-Politik eine längerfristige Perspektive als das Jahr 2010 gewählt werden.

11. Erdölbranche als Verlierer im Strukturwandel

Energiemassnahmen- und Energiepreiserhöhungen produzieren auch Verlierer. Weltweit stehen die Förderländer fossiler Energieträger im Vordergrund. Sie werden Einnahmen verlieren und zu Umstrukturierungen gezwungen sein. Falls

die CO2-Emissionen tatsächlich reduziert werden sollen, sind diese Prozesse unumgänglich. Sie sind zwingender Bestandteil einer nachhaltigen Klimapolitik.
Wie die Lasten verteilt werden sollen, ist eine offene Frage. Es könnte argumentiert werden, dass die Schweiz – weil sie Energie substituiert – Arbeitslosigkeit exportiert und zum Beispiel einen Teil ihrer Wachstums- und Beschäftigungsgewinne im Rahmen eines Vorausgangs als Kompensation einsetzen sollte.

12. Sonderregelungen für energieintensive Betriebe

Im Inland gehören einzelne Branchen und Betriebe zu den Gewinnern bzw. Verlierern. In den präsentierten Studien werden dazu recht detaillierte – weitgehend übereinstimmende – Aussagen gemacht.
Zur Minderung des Strukturwandels – vor allem auch zur Verhinderung der Abwanderung energieintensiver Betriebe – werden Sonderregelungen im Detail diskutiert. Als praktikabelste Lösung kristallisiert sich dabei heraus, energieintensiven Branchen und Betrieben nicht mehr als eine einprozentige Erhöhung ihrer Netto-Energiekosten, d.h. nach Beachtung der Rückerstattung, zuzumuten. Nach heutigem Ermessen können allfällige Vollzugsprobleme gelöst werden. Am energetischen und wirtschaftlichen Gesamtergebnis ändert eine Sonderregelung wenig. Für einzelne Branchen und Betriebe sind sie aber existentiell.
Vor allem für Teile der fossilen Energiebranche sind Anpassungen an den klimapolitisch bedingten Strukturwandel aber unverzichtbar. Der Verlust der entsprechenden Arbeitsplätze wird allerdings mehr als kompensiert.

13. Relativ hohe Beschäftigungseffekte für Energie 2000

Die Energie- und Beschäftigungseffekte der Ressortaktivitäten des Programms Energie 2000 sind in Relation zu den eingesetzten Mitteln ausgesprochen hoch. Nebst Unsicherheiten über die empirisch präzise Erfassung der Wirkungen zeigt sich ein grosses Potential von „weichen" Massnahmen wie Information, Beratung, Marketing, Aus- und Weiterbildung, Vereinbarungen usw. Mit relativ geringem Aufwand können kostengünstig hohe Energie- und Beschäftigungseffekte erzielt werden.
Diese Konstellation darf aber kaum auf die zukünftige Entwicklung übertragen werden. Es ist zu vermuten, dass kostengünstige und leicht mobilisierbare Effizienzpotentiale in absehbarer Zeit ausgeschöpft sind. Mit „weichen" Massnahmen können kaum mehr weitergehende Energie- und CO2-Effekte erzielt werden. Energieabgaben werden für die Annäherung an die Klimaziele zwingend notwendig. Anderseits heisst dies aber nicht, dass die „weichen" Massnahmen aufgegeben werden sollen. Vielmehr ist ein optimaler Massnahmenmix zu suchen. Wie dieser genau aussehen soll, ist bisher noch nicht detailliert geklärt worden.

14. Anpassungskosten als Unsicherheitsfaktor

Die Aussagen über die wirtschaftlichen Auswirkungen von Energie- und CO2-Massnahmen sind mit verschiedenen Unsicherheiten verbunden. Im Vordergrund stehen Schätzungen über die Höhe der Anpassungskosten. Wohl werden im Rahmen der dynamischen Gleichgewichtsanalysen erste Hinweise vermittelt. Gesicherte Ergebnisse liegen aber nicht vor. Input-Output-Analysen und Partialanalysen blenden die Anpassungskosten weitgehend aus. Allenfalls kommt es

dabei zu einer Überschätzung der positiven Effekte. Weitere Untersuchungen zu dieser Thematik sind notwendig. Hemmnisanalysen stellen einen wichtigen Bestandteil einer nachhaltigen Klimapolitik dar.
Auf der praktischen Ebene können die Anpassungskosten durch flankierende Massnahmen und optimales Timing der Einführungszeiten von Energieabgaben minimiert werden.

15. Dynamische Effekte werden vernachlässigt

Die Innovationseffekte sind bisher noch nicht systematisch untersucht worden: Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass bei Energiepreiserhöhungen das grosse technologische Potential ausgeschöpft wird, das grundsätzlich vorhanden ist. Unter dieser Optik werden die Anpassungskosten in allen vorliegenden Studien eher überschätzt. Die Win-win-Effekte könnten sogar noch grösser sein.

16. Wenig Erfahrung: Von der kapital- zur arbeitsintensiveren Produktion

Unsicher sind die Elastizitäten der „Rücksubstitution" von einer energie- zu einer eher beschäftigungsintensiveren Produktionsweise. In den vergangenen Jahren ist Arbeit durch Kapital und vor allem Energie ersetzt worden. Über den „rückläufigen" Prozess über eine längere Zeitdauer hinweg liegen keine empirischen Erfahrungen vor. Es ist nicht völlig auszuschliessen, dass Kapitalintensität – auf einem tieferen Energieniveau – und Innovationen zunehmen, aber kaum entscheidende zusätzliche Beschäftigungseffekte auslösen. Dies würde bedeuten, dass die Wachstumseffekte höher ausfallen würden als die Beschäftigungseffekte. Über das Ausmass dieser Effekte kann im Moment nur spekuliert werden.

17. Klimaszenario mit Chancen und Unsicherheiten

In wirtschaftlicher Hinsicht ist ein nachhaltig orientiertes Klimaszenario mit verschiedenen offenen Fragen verbunden. Unter der Annahme hoher Energiepreissteigerungen über eine längere Zeitdauer im Rahmen eines international harmonisierten Vorgehens sind die zu vermutenden Wirtschaftseffekte für die Schweiz durchaus tragbar. Leicht positive Wachstums- und vor allem Beschäftigungseffekte können nicht ausgeschlossen werden. Mit grosser Wahrscheinlichkeit wird sich der Strukturwandel akzentuieren, dürfte aber durchaus zu bewältigen sein. Als zentrale Frage bleibt somit die politische Akzeptanz griffiger Energiepreissteigerungen auf nationaler und internationaler Ebene.

Anhang A-1

Tabelle 1.1: **Standardisierte jährliche Schadenskosten in Milliarden Dollar 1990**
(Erwärmung: 2.5°C; Anstieg Meeresspiegel: 0.5 Meter)

	NORDHAUS	CLINE	FANKHAUSER	TITUS
Landwirtschaft	0.4	10.7	8.0	0.7
Forstwirtschaft	Keine Antwort	2.0	(2.0)	10.6
Meeresspiegel	5.1	6.1	4.5	2.3
Energie	0.5	14.2	7.4	3.5
Wasser	Keine Antwort	4.3	9.1	17.3 **a)**
Menschenopfer	Keine Antwort	3.5	11.0	5.9
Wanderung	Keine Antwort	0.5	0.5	Keine Antwort
Extreme Ereignisse	Keine Antwort	0.5	0.2	Keine Antwort
Erholung	Keine Antwort	1.7	Keine Antwort	Keine Antwort
Artenverlust	Keine Antwort	4.0	7.1	Keine Antwort
Städte	Keine Antwort	0.2	Keine Antwort	Keine Antwort
Luftverschmutzung	Keine Antwort	2.1	7.0	2.0 **bc)**
TOTAL	46.0 **d)**	49.8	52.8	42.3
Prozentanteil am BSP 1990	0.8	0.9	1.0	0.8

a)	davon 13.2 Milliarden Schadenskosten für Wasserverschmutzung
b)	enthält 0.5 Milliarden für Luftverschmutzung und 1.5 Milliarden für vermehrte Klimaanlagen in Automobilen
c)	Die Schadenskosten für Luftverschmutzung wären um 5.3 Milliarden Dollar höher, wenn der Autor den Berichtsfehler bei TITUS nicht korrigiert hätte.
d)	Basierend auf der Annahme der Gesamtschäden bei 3°C Erwärmung entspricht sie 1 Prozent des BSP von 1990. Diese Annahme ist für eine Erwärmung von 2.5° standardisiert.

Quelle: SMITH 1995

Tabelle 1.3: **Weltweite Schadenskosten nach Regionen**

	Milliarden Dollar 1988	Prozentanteil am BSP 1988
Europäische Union	63.6	1.4
USA	61.0	1.3
Andere Länder der OECD	55.8	1.4
Ex-UdSSR	18.2	0.7
China	16.7	4-7
Übrige Länder	54.2	2.0
OECD Länder	180.4	1.3
Nicht-OECD Länder	89.1	1.6
Welt	269.5	1.4

Quelle: FANKHAUSER (1995, S. 55)

Tabelle 1.5: **Kosten des Landverlusts**

	Tiefliegende Küsten km	Trockenland Verlust km2	Trockenland Verlust Mio. Dollar	Verlorener Gewinn Mio. Dollar pro Yard
EU	3'470	1'596	3'192	319
USA	23'250	10'695	21'390	2'139
Ex-UdSSR	52'000	23'920	11'960	1'196
China	0	0	0	0
OECD	87'870	40'420	80'840	8'084
Weltweit	304'180	139'923	139'923	13'992

Quelle: FANKHAUSER (1995, S. 30)

Tabelle 1.6: **Kosten/Nutzen im Tourismus in Europa bei einer Erwärmung von 1°C bzw. 4°C in Milliarden ECU**

Land	um 1° C	um 4° C
Belgien	0	4'025
Dänemark	0	978
Frankreich	1'558	5'973
BRD	0	15'386
Griechenland	92	- 2'088
Irland	0	0
Italien	873	- 2'910
Luxeburg	0	228
Niederlande	0	1'390
Portugal	89	685
Spanien	2'079	2'772
GB	0	643
EU total	4'692	27'082

Quelle: EU - Studie (1992)

Anhang A-4

Tabelle 4.7: **Elementarschäden Schweiz (Angaben in Millionen Franken) nach Zürcher - Baukosteninde x (Basis 1939 = 100%) Schäden Total – Hochwasserschäden – Sturmwindschäden**

Jahr	Index	ES-Pool + VKF			Hochwasserschäden			Sturmwindschäden		
		Total	ES-Pool	VKF	Total	ES-Pool	VKF	Total	ES-Pool	VKF
1972	470.6	77.60	46.33	31.27	49.62	35.43	14.19	19.43	8.38	11.05
1973	512.8	81.96	52.42	29.54	55.81	40.43	15.39	15.00	8.42	6.58
1974	548.7	56.92	19.99	36.93	18.09	9.78	8.31	31.93	8.12	23.81
1975	517	161.26	95.59	65.67	99.46	70.32	29.14	15.86	5.41	10.46
1976	505.4	68.80	30.56	38.24	37.94	20.09	17.86	19.43	6.97	12.46
1977	524.3	201.56	130.58	70.98	136.08	107.15	28.93	27.23	8.75	18.48
1978	533.1	323.73	257.68	66.05	226.28	206.57	19.69	17.53	6.35	11.18
1979	560.6	70.01	36.75	33.26	27.12	16.71	10.40	19.35	9.51	9.85
1980	610.6	57.80	20.59	37.21	14.01	7.17	6.84	13.93	4.24	9.69
1981	667.9	102.49	50.35	52.14	31.14	22.64	8.50	22.45	9.31	13.14
1982	689.4	158.49	78.90	79.59	33.31	19.82	13.49	88.72	46.51	42.21
1983	667.4	144.55	53.89	90.66	26.04	19.02	7.03	62.49	17.66	44.83
1984	670.2	174.41	78.04	96.37	53.87	41.96	11.92	40.73	10.51	30.22
1985	685	95.44	37.32	58.11	30.57	20.07	10.50	16.56	5.04	11.52
1986	708.4	326.86	193.84	133.02	96.39	56.82	39.57	80.25	23.51	56.74
1987	723.4	319.66	215.00	104.66	229.00	168.77	60.23	70.28	36.02	34.25
1988	756.7	177.84	88.27	89.57	96.81	54.38	42.43	36.39	10.90	25.50
1989	802.4	69.96	27.91	42.05	27.34	10.22	17.12	27.98	10.41	17.58
1990	866.5	345.11	160.08	185.03	93.82	55.43	38.19	226.45	91.36	135.09
1991	903	120.74	70.53	50.21	47.76	30.42	17.34	17.68	8.79	8.89
1992	874.2	289.11	118.10	171.01	65.04	42.40	22.64	85.72	33.83	51.89
1993	856	548.08	452.36	95.72	435.75	407.19	28.56	42.83	18.35	24.48
1994	856.4	357.38	138.01	229.36	179.29	97.11	82.19	60.12	22.60	37.52
1995	865.2	197.04	64.15	132.89	62.27	31.34	30.93	106.75	25.16	81.59
Total		4534.79	2517.24	2017.54	2172.59	1591.23	581.39	1165.09	436.11	729.01

Tabelle 4.7: (Fortsetzung) **Hagelschäden – Lawinenschäden – Felssturzschäden – Schneedruckschäden**

Jahr	Index	Hagelschäden			Lawinenschäden			Felssturzschäden			Schneedruckschäden		
		Total	ES-Pool	VKF	Total	ES-Pool	VKF	Total	ES-Pool	VKF	Total	ES-Pool	VKF
1972	470.6	4.95	0.85	4.10	0.46	0.39	0.07	2.17	0.92	1.25	0.97	0.37	0.61
1973	512.8	4.22	0.69	3.53	3.16	1.11	2.04	2.21	1.42	0.79	1.57	0.35	1.21
1974	548.7	1.97	0.16	1.81	1.28	0.63	0.65	2.35	0.76	1.59	1.31	0.55	0.76
1975	517	8.89	3.51	5.37	23.53	10.38	13.15	3.41	1.41	2.01	10.11	4.57	5.54
1976	505.4	1.87	0.27	1.59	1.54	0.24	1.30	3.29	2.36	0.92	2.74	0.63	2.11
1977	524.3	4.77	1.73	3.04	4.49	1.68	2.81	3.38	2.08	1.30	25.61	9.19	16.42
1978	533.1	12.74	1.67	11.07	22.67	18.50	4.17	6.00	2.68	3.33	38.53	21.91	16.62
1979	560.6	11.91	4.89	7.02	3.41	2.19	1.22	3.52	1.68	1.84	4.69	1.76	2.93
1980	610.6	9.00	0.91	8.09	3.73	2.89	0.84	5.38	2.41	2.98	11.75	2.98	8.77
1981	667.9	8.90	0.78	8.12	15.23	10.61	4.62	5.05	3.07	1.98	19.72	3.94	15.78
1982	689.4	7.62	2.95	4.67	5.60	1.13	4.47	5.61	4.46	1.15	17.65	4.04	13.60
1983	667.4	44.06	12.12	31.94	2.27	0.57	1.70	4.89	3.36	1.53	4.80	1.17	3.63
1984	670.2	32.70	5.00	27.70	35.58	15.36	20.22	6.07	3.28	2.79	5.46	1.94	3.52
1985	685	31.60	2.87	28.73	1.84	0.64	1.20	3.92	2.91	1.01	10.95	5.80	5.15
1986	708.4	110.10	92.97	17.14	14.33	7.85	6.47	6.28	5.14	1.14	19.50	7.55	11.96
1987	723.4	2.15	1.02	1.14	3.52	0.79	2.73	11.97	6.71	5.26	2.74	1.69	1.05
1988	756.7	5.81	1.91	3.90	13.50	5.50	8.00	16.64	12.62	4.01	8.69	2.96	5.73
1989	802.4	8.54	3.21	5.33	0.54	0.31	0.23	3.73	3.26	0.47	1.82	0.50	1.33
1990	866.5	7.59	3.37	4.21	3.46	2.07	1.40	10.26	6.10	4.16	3.72	1.75	1.98
1991	903	32.62	14.24	18.39	2.36	1.23	1.13	16.88	14.58	2.30	3.43	1.27	2.16
1992	874.2	128.32	35.35	92.96	2.05	0.87	1.18	5.47	4.42	1.05	2.51	1.23	1.29
1993	856	62.60	21.30	41.30	0.63	0.58	0.05	5.28	4.64	0.64	1.00	0.31	0.69
1994	856.4	101.91	9.83	92.08	1.91	1.76	0.15	22.58	5.64	16.94	1.57	1.08	0.48
1995	865.2	13.58	1.34	12.24	3.40	1.53	1.87	5.56	3.44	2.12	5.48	1.34	4.14
Total		**658.41**	**222.94**	**435.47**	**170.48**	**88.81**	**81.67**	**161.91**	**99.35**	**62.56**	**206.32**	**78.88**	**127.46**

Anhang A-5

Tabelle 5.5: **CO_2-Emissionen nach Verursachern**

	1995	
Verursacher	Millionen Tonnen	Anteil in Prozent
Transport	14.58	33%
Haushalte	11.93	27%
Industrie	7.96	18%
Dienstleistungen	5.75	13%
Übrige	3.98	9%
Total	44.20	100%

Quelle: UN Framework Convention on Climate Change:
Second National Communication of Switzerland, 1997

Tabelle 5.6: **Methan (CH_4)-Emissionen 1995**

	1995	
Verursacher	Millionen Tonnen	Anteil in Prozent
Energie	20.6	9%
Industrieprozesse	0.4	0%
Landwirtschaft	147.6	63%
Abfallbewirtschaftung	66.5	28%
Total	235.1	100%

Quelle: UN Framework Convention on Climate Change:
Second National Communication of Switzerland, 1997

Tabelle 5.8: **CO_2-Äquivalente Bruttoemissionen 1995 nach Sektoren**
(ohne Emissionen des internationalen Luftverkehrs)

	1995	
Verursacher	Millionen Tonnen	Anteil in Prozent
Verkehr	15.31	29%
Haushalte	12.14	23%
Industrie	7.92	15%
Dienstleistungen	5.81	11%
Landwirtschaft	5.81	11%
Abfallwirtschaft	2.64	5%
Andere	3.17	6%
Total	52.8	100%

Quelle: UN Framework Convention on Climate Change:
Second National Communication of Switzerland, 1997

Anhang A-6

Tabelle 6.1: **Energiepolitische Massnahmen im Referenzszenario**

Bereich	Ansatzpunkt	Konkretisierung
Geräte, Apparate	- Warendeklaration - Verbrauchszielwerte - Zulassungsvorschriften	Verbrauchsziele: - für Hausgeräte - für Unterhaltungselektronik, Bürogeräte
Motorfahrzeuge	- Warendeklaration - Verbrauchszielwerte - Zulassungsvorschriften	Personenwagen: Energieverbrauchsangaben in Preislisten, Kennzeichnung beim Verkauf. Lastwagen: Pauschale Schwerverkehrsabgabe (ohne externe Kosten/Nutzen) Annahme: Rückgang des Kraftstoffverbrauchs neuer Personenwagen um 1 % jährlich bis 2030
Gebäude Raumwärme	SIA-Empfehlung 380/1	Neubauten: Grenzwerte: 1997 Zielwerte: 2010 Umbauten Grenzwerte: 1997
Lüftungsanlagen	SIA-Empfehlung 380/4	Neubauten ab 1995/2000
übrige Haustechnik	SIA-Empfehlung 380/4	Neubauten ab 1995/2000
Förderprogramme	- indirekte Förderung - direkte Förderung	Förderung: Aus- und Weiterbildung Forschung und Entwicklung Pilotanlagen Aufbau von Informations- und Beratungsstellen Förderung erneuerbarer Energien Abwärme gemäss Status-quo-Politik

Quelle: PROGNOS (1996a), S. 23 ff

Tabelle 6.2: **Szenario IIa: Massnahmen Energiegesetz (Auswahl)**

Bereich	Ansatzpunkt	Konkretisierung
Geräte, Apparate	- Warendeklaration - Verbrauchszielwerte - Zulassungsvorschriften	Verschärfung der Verbrauchszielwerte, Anpassung an das technisch Mögliche Zulassungsvorschriften bei Nicht-erreichen der Zielwerte
Motorfahrzeuge	- Warendeklaration - Verbrauchszielwerte - Zulassungsvorschriften	Zwischen 1996-2001 Reduktionsimpuls um 15% (-3%/Jahr) für neue Personenwagen (wie Verordnung über die Absenkung des spezifischen Treibstoffverbrauchs von Personenwagen). Anschliessend weitere Reduktion um 1%/Jahr (wie Szenario I)
Gebäude, Raumwärme	SIA-Empfehlung 380/1	Verschärfung der Zielwerte alle 5 Jahre - Neubauten Zielwerte: ab 2000 - Sanierung öffentlicher Gebäude
Warmwasser	Energiegesetz/ Rechtsetzungsauftrag Kantone	verstärkte Kontrolle des Vollzugs
Nutzungsgrade der Heizanlagen	Luftreinhalteverordnung/ SIA 380/1	verstärkte Kontrolle des Vollzugs
Lüftungsanlagen	SIA 380/4 Energiegesetz/ Rechtsetzungsauftrag Kantone	Verschärfung der Vorschriften
Übrige Haustechnik	SIA 380/4 Energiegesetz/ Rechtsetzungsauftrag Kantone	Verschärfung der Vorschriften
Abgaben	Strassengüterverkehr	Leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe ab 1.1.1997
	Alpentransitabgabe	bereits in den Rahmendaten berücksichtigt
	NEAT-Finanzierung	Mineralölsteuer + 10 Rp./l Benzin und Diesel ab 1.1.1997
	Anhebung des Wasserzinsmaximums	+0.24 Rp./kWh (tiefere von zwei Varianten) ab 1.1.1997
Förderprogramme	- indirekte Förderung - direkte Förderung	wie Politikvariante I, aber *höhere* Förderbudgets +90 Millionen im Jahr 2000 +60 Mio. Fr. im Jahr 2030

Quelle: PROGNOS 1996a, S. 139 ff.

Tabelle 6.3: **Grenzkosten und Energieeinsparungen für Ein-/Zweifamilienhäuser**

verbleibender Heizenergiebedarf Megajoule/m^2	Einsparung Megajoule/m^2	Realkostenaufschlag bei steigenden Grenzkosten in Prozent
315	0	0
290	25	0.1
265	50	0.6
240	75	1.5
215	100	3.0
190	125	5.2
165	150	8.2
140	175	12.2
115	200	17.3
90	225	24.3
60	250	33.3
40	275	45.4
15	300	60.0

Quelle: INTEP, 1992

Tabellenverzeichnis

Zusammenfassung

Tabelle 0.1: Übersicht – Auswirkungen der Klimaänderung für die Schweiz Jahre 2030 bis 2050 18
Tabelle 0.2: Überblick Energieszenarien mit Annahmen Energiepolitik 24
Tabelle 0.3: Studien über die wirtschaftlichen Auswirkungen von Energie- und CO2-Abgaben bzw. Massnahmen 26

1. Schadenskosten der Klimaänderung weltweit

Tabelle 1.2: Weltweite Schadenskosten in Milliarden Dollar 35
Tabelle 1.4: Schadensschätzungen mit hohen Werten 36

2. Vermeidungskosten und Zahlungsbereitschaft für die Reduktion der Treibhausgase

Tabelle 2.1: Vermeidungskosten und Zahlungsbereitschaft in der Schweiz 51

3. Auswirkungen der Klimaänderungen für die Schweiz

Tabelle 3.1: Uebersicht - Auswirkungen der Klimaänderungen für die Schweiz – Jahr 2030 bis 2050 61

4. Die potentiellen Schadenskosten der Klimaänderungen für die Schweiz

Tabelle 4.1: Kategorien für die Schätzung der Schadenskosten 76
Tabelle 4.2: Anpassungs- und Vermeidungsstrategien – exemplarisch 79
Tabelle 4.3: Schadenskosten und Nutzen einer Klimaänderung – Bezugsjahr 1995 Klimaszenario NFP 31 81
Tabelle 4.4: Grundlagen: Wertschöpfungsverlust Wintersport in den Voralpen und im Jura in Mrd. Fr. 84
Tabelle 4.5: Unwetterschäden in der Schweiz 1972-1996: Schadensumme bzw. Kosten der letzten 25 Jahre nach Kantonen, Kantonsgrösse (km2) und Einwohnern 89
Tabelle 4.6: Uebersicht der Daten zu Überschwemmungen und Hochwasser (Unwetterschäden) in Mio. Franken bzw. Franken 93
Tabelle 4.8: Entwicklung Schadensatz der Versicherungen 97
Tabelle 4.9: Risiken für die Schweiz gemäss Studie ZGV 100
Tabelle 4.10: Bewertung der Hochwasser gemäss Katanos 102
Tabelle 4.11: Hochwasserschäden – Schätzungen der Versicherungen in Millionen Franken 104
Tabelle 4.12: Wiederbeschaffungswert und Zusatzaufwand für die Wasserversorgung im Klimaszenario NFP 31 108
Tabelle 4.13: Versicherungsleistungen für Elementarschäden, Sturmwind und Hagel in Millionen Franken 110

Tabelle 4.14: Sturm- und Hagelschäden im Klimaszenario in Mio. Fr. 112
Tabelle 4.15: Katastrophenszenarien Waldsterben in Mio. Franken Basisjahr 1985 114
Tabelle 4.16: Wald – Kosten und Gewinn im Klimaszenario 115
Tabelle 4.17: Übersicht der Auswirkungen auf die Landwirtschaft 118
Tabelle 4.18: Endenergieverbrauch - Ausgaben Wärme und Kühlen 121

5. Emmissionen und Emissionsziele einer Klimapolitik

Tabelle 5.1: Szenarien IPCC/Weltbank – Akkumulierte CO2-Emissionen in Gt C bei unterschiedlichem Wachstum 128
Tabelle 5.2: Schätzungen der Reserven fossile Energieträger 130
Tabelle 5.3: Schätzungen Enquête-Kommission und Wissenschaftlicher Beirat (WBGU) 130
Tabelle 5.4: Überblick Treibhausgas-Emissionen 1995 in der Schweiz 132
Tabelle 5.7: CO2-Äquivalente 1995 nach Treibhausgasen 135
Tabelle 5.9: Graue Treibhausgase: Importüberschuss für die Schweiz 136
Tabelle 5.10: Entwicklung der Emissionen insgesamt (CO2, CH4, N20) in CO2-Äquivalenten 138
Tabelle 5.11: Reduktionsziele für die Schweiz 140

6. Massnahmen zur Reduktion der Treibhausgase und ihre Auswirkungen

Tabelle 6.1: Überblick Energieszenarien mit Annahmen Energiepolitik 144
Tabelle 6.2: Rahmendaten der BEW-Energie- und CO2-Szenarien 146
Tabelle 6.3: Übersicht zu den technischen Potentialen für ein Klimaszenario 151
Tabelle 6.4: Studien über die wirtschaftlichen Auswirkungen von Energie- und CO2-Abgaben bzw. Massnahmen 154
Tabelle 6.5: Erste Gleichgewichtsmodelle für die Schweiz 156
Tabelle 6.6: CO2-Vorlage Bundesrat 1994 – PROGNOS 158
Tabelle 6.7: CO2-Vorlage Bundesrat 1994 – HSG St. Gallen 160
Tabelle 6.8: CO2-Vorlage Bundesrat – Mittlere Energieabgaben 162
Tabelle 6.9: CO2-Gesetz Bundesrat 1997 – Energie-Umwelt-Initiative 165
Tabelle 6.10: Mittlere Energie-CO2-Abgaben – Energie-Umwelt-Initiative 168
Tabelle 6.11: Energieintensive Betriebe: Partialanalyse der Wettbewerbsfähigkeit 170
Tabelle 6.12: Klimaszenario: Partialanalyse wirtschaftliche Auswirkungen 174
Tabelle 6.13: Tiefe zweckgebundene Lenkungsabgabe (Solarinitiative): Partialanalyse 178
Tabelle 6.14: Energie 2000: Partialanalyse der Beschäftigungseffekte 180

Anhang

Tabelle	1.1:	Standardisierte jährliche Schadenskosten in Mrd. $ 1990 (Erwärmung: 2.5°C; Anstieg Meeresspiegel: 0.,5 Meter)	187
Tabelle	1.3:	Weltweite Schadenskosten nach Regionen	188
Tabelle	1.5:	Kosten des Landverlusts	188
Tabelle	1.6:	Kosten/Nutzen im Tourismus in Europa bei einer Erwärmung von 1°C bzw. 4°C in Milliarden ECU	189
Tabelle	4.7:	Elementarschäden Schweiz (Angaben in Mio. Fr.) nach Zürcher - Baukostenindex (Basis 1939 = 100%) Total – Hochwasser – Sturmwind – Hagel – Lawinen – Felssturz – Schneedruck	190
Tabelle	5.5:	CO2-Emissionen nach Verursachern	192
Tabelle	5.6:	Methan (CH4)-Emissionen 1995	192
Tabelle	5.8:	CO2-Äquivalente Bruttoemissionen 1995 nach Sektoren	193
Tabelle	6.1:	Energiepolitische Massnahmen im Referenzszenario	194
Tabelle	6.2:	Szenario IIa: Massnahmen Energiegesetz (Auswahl)	195
Tabelle	6.3:	Grenzkosten und Energieeinsparungen für Ein-/Zweifamilienhäuser	196

Abbildungsverzeichnis

Zusammenfassung

Abb.	0.1:	Weltweite Schadenskosten in Milliarden Dollar nach Bereichen	13
Abb.	0.2:	NFP 31 – Projektionen 2030 und 2100 – Arbeitshypothese	15
Abb.	0.3:	Schadenskosten und Nutzen von Klimaänderungen – Bezugsjahr 1995 Klimaszenario NFP 31	21
Abb.	0.4:	Absenkpfad für CO2-Emmissionen für die Schweiz	23
Abb.	0.5:	CO2-Emissionen nach den Szenarien I bis IV	25

1. Schadenskosten der Klimaänderung weltweit

Abb.	1.1:	Standardisierte jährliche Schadenskosten für die USA (2050: Erwärmung +2.5°C; Anstieg Meeresspiegel +0.5m)	33
Abb.	1.2:	Weltweite Schadenskosten nach Regionen	36
Abb.	1.3:	Kosten des Landverlustes weltweit	38
Abb.	1.4:	Kosten/Nutzen im Tourismus in Europa bei einer Erwärmung von 4° C in Mrd. ECU	44

2. Vermeidungskosten und Zahlungsbereitschaft für die Reduktion der Treibhausgase

Abb.	2.1:	Vermeidungskosten und Zahlungsbereitschaft einer CO2-Reduktion für die Schweiz/Zeithorizont 1985/1990 bis 2025	50

3. Auswirkungen der Klimaänderungen für die Schweiz

Abb.	3.1:	NFP 31 – Projektionen 2030 und 2100 – Arbeitshypothese	58

4. Die potentiellen Schadenskosten der Klimaänderungen für die Schweiz

Abb.	4.1:	Unwetterschäden in der Schweiz 1972 bis 1996	90
Abb.	4.2:	Unwetterschäden in der Schweiz 1972 bis 1996 Ausgewählte Kantone	91
Abb.	4.3:	Elementarschäden in der Schweiz 1972 bis 1995	95
Abb.	4.4:	Hochwasserschäden in der Schweiz 1972 bis 1995	96
Abb.	4.5:	Entwicklung des Schadenssatzes des VKF	98
Abb.	4.6:	Entwicklung des Schadenssatzes ES-Pool	98
Abb.	4.7:	Versicherungsleistungen für Sturmwind und Hagel indexiert	111

5. Emmissionen und Emissionsziele einer Klimapolitik

Abb. 5.1: CO2-Konzentration und Erwärmung gemäss IPCC 1990 und 1995 126

Abb. 5.2: Kumulation des Kohlenstoffes (C) in Gigatonnen (Gt) für verschiedene CO2-Konzentrationen 127

Abb. 5.3: Kohlenstoff (C) -Emissionen in Tonnen pro Kopf und IPCC-Szenarien 129

Abb. 5.4: CO2-Emissionen 1995 nach Verursachern 134

Abb. 5.5: Methan (CH4)-Emissionen 1995 134

Abb. 5.6: CO2-Äquivalente Bruttoemissionen1995 nach Sektoren 135

Abb. 5.7: Absenkpfad für CO2-Emissionen für die Schweiz 141

6. Massnahmen zur Reduktion der Treibhausgase und ihre Auswirkungen

Abb. 6.1: Endenergieverbrauch nach den Szenarien I bis IV 147

Abb. 6.2: CO2-Emissionen nach den Szenarien I bis IV 147

Abb. 6.3: Schätzung der vermiedenen externen Kosten in Milliarden Franken pro Jahr 167

Abb. 6.4: Beschäftigungseffekte Solar-Initiative nach Branchen 177

Literaturverzeichnis

Abegg, B. & Elsasser, H. (1996). Klimarisiken aus touristischer Sicht. In: Programmleitung NFP 31 (Hrsg.), Klimarisiken – Herausforderung für die Schweizer Wirtschaft. Thesen zu Klimaänderungen und Naturkatastrophen. Arbeitsbericht. Zürich: vdf Hochschulverlag ETH.

Abegg, B. (1996). Klimaänderung und Tourismus. Klimafolgenforschung am Beispiel des Wintertourismus in den Schweizer Alpen. Schlussbericht NFP 31. Zürich: Universität Zürich-Irchel.

Aebischer, B. (1997). Perspektiven der Energienachfrage des primären und tertiären Sektors. Szenario IV. Zürich: ETH, Forschungsgruppe Energieanalysen.

Aktionsprogramm Energie 2000 – 7. Jahresbericht. (1997). Eidgenössisches Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement (EVED), Bern 1997.

Altwegg, D. (1988). Volkswirtschaftliche Auswirkungen einer Zerstörung alpiner Schutzwälder durch Luftverunreinigungen: mögliche Bewertungsmethoden und deren Grenzen. Bern/Stuttgart: Haupt.

Arnell, NW. & Dubourg, W.R. (1994). Implications for Water Supply and Water Management. In M.L. Parry & R. Duncan (eds.), Economic Implications of Climate Change in Britain. London: Earthscan.

Ayres, R. & Walter J. (1991). The Greenhouse Effect: Damages, Costs and Abatement. Environmental and Resource Economics, 1, 237-270.

Bach, S., Kohlhaas, M. & Praetorius, B. (1995). Möglichkeiten einer ökologischen Steuerreform. WSI Mitteilungen 4/1995.

Bader, St. & Kunz, P.: Klimarisiken, Herausforderungen für die Schweiz. Studie im Auftrag des Schweizerischen Nationalfonds für wissenschaftliche Forschung. Bern, 1998.

Bader, St. (1996). Globale Klimaänderung. Neue Erkenntnisse – neue ungelöste Fragen. Referat. Seminar der Schweizer Rück "Klimaänderungen und Naturkatastrophen", 6./7.5.1996.

Basics (1996). Neue Technologien und nachhaltige Entwicklung der Industrie. Fallbeispiel Energie und energiebedingte Emissionen. Zürich, 28.3.96.

Basics (1996a). Wirtschaftliche Auswirkungen der Energie-Umwelt-Initiative auf Industrie und Dienstleistungen. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Energiewirtschaft. Bern, Oktober 1996.

Basics (1997). Label, Vereinbarungen & Co. Voraussetzung, Anwendung und Erfolgsfaktoren. Diskussionspapier zu handen des Bundesamtes für Energiewirtschaft. Zürich, 15.3.97.

Basler, E. & Partner & Ecoplan (1996). Solarinitiative: Analyse der Auswirkungen. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Energiewirtschaft. Bern, Oktober 1996.

Basler, E. & Partner (1986). Die wirtschaftlichen Folgen des Waldsterbens in der Schweiz. Studie im Auftrag der Schweizerischen Gesellschaft für Umweltschutz. In Zusammenarbeit mit Brugger, Hanser & Partner. Zürich, 1.7.1986.

Beniston, M. (1996). Les Impacts Globaux des Changements Climatiques. In Programmleitung NFP 31 (Hrsg.), Klimarisiken – Herausforderung für die Schweizer Wirtschaft. Thesen zu Klimaänderungen und Naturkatastrophen. Arbeitsbericht. Zürich: vdf Hochschulverlag ETH.

Biedermann, A., Hofstetter, P. & Schläpfer, K. (1992). Treibhausgasbilanz Schweiz. Quellen, Senken. Reduktionsziele. Greenpeace Schweiz, Juni 1992.

Bigford, T.E. (1991). Sea Level Rise, Nearshore Fisheries and the Fishing Industry. Coastal Zone Management, 19, 417-437.

Bolin B.(1995). Possible Climate Change, 16th WEC Congress, Tokyo, 1995.

Bruce, H. Lee & E.F. Haites (eds.) (1995). IPCC WG III Second Assessment Report. Cambridge: Cambridge University Press.

Bryant, E.A. (1991). Natural Hazards. Cambridge: Cambridge University Press.

Brzeziecki, B., Kienast, F. & Wildi, O. (1995). Modelling potential impacts of climate change on the spatial distribution of zonal forest communities in Switzerland. Journal of Vegetation Science, 6, S. 257-268. Uppsala: Opulus Press.

Bundesamt für Statistik (1996). Einnahmen und Ausgaben im internationalen Fremdenverkehr 1995. Die Fremdenverkehrsbilanz der Schweiz, Nr. 10: Tourismus. Bern.

Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) (Hrsg.). (1994). Globale Erwärmung und die Schweiz: Grundlagen für den Bericht der Interdepartementalen Arbeitsgruppe über Änderungen des Klimasystems "Die globale Erwärmung und die Schweiz: Grundlagen einer nationalen Strategie". Bern: BUWAL.

Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) (Hrsg.). (1997). Zweiter Bericht der Schweiz zuhanden der Klimakonvention: Zusammenfassung. Bern, BUWAL, April 1997.

Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) (Hrsg.): Klima in Gefahr. Fakten und Perspektiven zum Treibhauseffekt. Bern: BUWAL, September 1997.

Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (Hrsg.). (1994). Die Hochwasser 1993 im Wallis und Tessin. Messdaten und ausgesuchte Auswertungen. Landeshydrologie und -geologie, Mitteilung Nr. 19. Bern.

Bundesamt für Zivilschutz (1995). Katastrophen und Notlagen in der Schweiz. Eine vergleichende Übersicht. Studie in Zusammenarbeit mit E. Basler & Partner, Zollikon.

Bundesgesetz betreffend die Aufsicht über die privaten Versicherungseinrichtungen (Versicherungsaufsichtsgesetz) vom 23.6.1978.

CAN Coalition Anti Nucléaire / Anti Atom Koalition (1995). In die Zukunft ohne Atomenergie. Ausstieg innert 10 Jahren – Gewinn für Umwelt und Arbeitsplätze. Zürich.

Canadian Climate Program Board (1988a). Implications of Climate Change for Downhill Skiing in Quebec. Climate Change Digest Report, CCD 88-03. Ontario: Downsview.

Canadian Climate Program Board (1988b). Implications of Climate Change for Tourism and Recreation in Ontario. Climate Change Digest Report, CCD 88-05. Ontario: Downsview.

Cansier, D. (1993). Umweltökonomie. Stuttgart: Fischer.

Carter, T.R. et al. (1994). IPCC Technical Guidelines for Assessing Climate Change Impacts and Adaptations. Part of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC special report of the working group II of the Department of Geography, University College London, UK and the Center for Global Environmental Research National Institute for Environmental Studies, Japan.

Changenon, S.A. & Changenon, J.M. (1992). Temporal Fluctations in Weather Disasters: 1950-1989. Climate Change, 22, 191-208.

Cline, W.R. (1992a). The Economics of Global Warming. Washington, D.C.: Institute for International Economics.

Cline, W.R. (1992b). Optimal Carbon Emissions over Time: Experiments with the Nordhaus DICE Model. Washington D.C.: Mimeo Institute for International Economics,

Commission of the European Communities, Directorate-General XII (1992). COHERENCE Cost-effectiveness Analysis of CO2-reduction Options: Synthesis Report. Brussels.

Conedera, M. et al. (1995). Incendi boschivi al Sud delle Alpi: passato, presente e possibili sviluppi futuri. PNR 31. FNPO Sottostazione Sud delle Alpi. Bellizona, Dezember 1995.

Conseil du développement durable (1997). Nachhaltige Entwicklung. Aktionsplan für die Schweiz. Bern: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL).

Daily, G.C., Ehrlich, P.R. & Mooney, H.A. & Ehrlich, A.H. (1991). Greenhouse Economics: Learn before you Leap. Ecological Economics, 4, 1-10.

Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (1994). Wirtschaftliche Auswirkungen einer ökologischen Steuerreform. Gutachten im Auftrag von Greenpeace. Berlin, Mai 1994.

Dlugolecki, A.F., Clark, K.M., McCauley, D. et al. (1995). Financial Services. IPCC, Second Assessment Report of Working Group II, forthcoming.

Econcept & Ipso (1997). Evaluation energiepolitisch motivierter Steuererleichterungen. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Energiewirtschaft. Zürich/Dübendorf, Juni 1997.

Econcept (1996). Innovations- und Beschäftigungsimpulse von Energie 2000. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Energiewirtschaft. Zürich, Juli 1996.

Ecoplan (1994). Energiesparende Produktinnovationen und technische Normen. Die Berner Normen für Boiler, dargestellt am Fallbeispiel der Friap AG. Untersuchung im Rahmen der Nachfolgestudie "Externe Effekte der Energieversorgung", im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft. Bern, 8.7.1994.

Ecoplan (1996). Wirtschaftliche Auswirkungen der Energie-Umwelt-Initiative, im Auftrag des Bundesamtes für Energiewirtschaft, Bern 1996.

Egli, T. & Petrascheck A. (1994). Schadenempfindlichkeit als Grundlage angepasster raumplanerischer Hochwasserschutzmassnahmen. Wasser, Energie, Luft – eau énergie air, 86 Jg. (1/2).

Egli, T. (1995). Hochwasserschutz und Raumplanung. Schutz vor Naturgefahren mit Instrumenten der Raumplanung, dargestellt am Beispiel von Hochwasser und Murgängen. Dissertation ETH Zürich. St. Gallen/Zürich.

Egli, T. (1996). Naturgefahren in der Raumplanung. Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik 8/96.

Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau & Eidg. Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (1996). Ammoniak-Emissionen Schweiz. Stand, Entwicklung, technische und betriebswirtschaftliche Möglichkeiten zur Reduktion, Empfehlungen. Bericht im Auftrag des Bundesamtes für Landwirtschaft und des Eidg. Volkswirtschaftsdepartementes im Rahmen der Bundesratsbeschlüsse zu den kantonalen Massnahmenplänen Luftreinhaltung. Bern/Tänikon, Oktober 1996.

Eidg. Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement (EVED) (1997). Aktionsprogramm Energie 2000 - 7. Jahresbericht. Bern 1997.

Eidg. Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement, Bundesamt für Wasserwirtschaft & Eidg. Departement des Innern, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Landeshydrologie und -geologie (Hrsg.). (1991). Ursachenanalyse der Hochwasser 1987. Ergebnisse und Untersuchungen. Bern, Mai 1991.

Eidgenössisches Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement (EVED) (1997). Folgerungen des EVED aus dem energiepolitischen Dialog über die langfristige Energie- und Elektrizitätsversorgung sowie das energiepolitische Programm nach 2000. Bern, Juni 1997.

Enquete-Kommission "Schutz der Erdatmosphäre" des Deutschen Bundestages (Hesg.). (1995). Mehr Zukunft für die Erde. Nachhaltige Energiepolitik für dauerhaften Klimaschutz. Economia Verlag GmbH, Bonn.

Erdmann, G. (1997). Volkswirtschaftliche Auswirkungen von Lenkungsabgaben auf Energieträger in der Schweiz. Bern: Haupt.

EU (1992). Commission of European Communities, Directorate General for Environment, Nuclear Safety and Civil Protection, Development of a Framework for the Evaluation of Policy Options to deal with The Greenhouse Effect, a Draft Report Presented by Climatic Research Unit (CRU), UEA and Environmental Resources Limited (ERL), May 1992.

European Commission, Directorate General for Energy (1996). Energy in Europe. 1996 – Annual Energy Review. Special issue, September 1996. Bern: Bau-, Verkehrs- und Energiedirektion des Kantons Bern.

European Commission, Directorate-General XII (1995). Externalities of Energy, Vol. 1: Summary. Brussels/Luxembourg: ECSC-EC-EAEC.

European Commission, Directorate-General XII (1995). Externalities of Energy, Vol. 2: Methodology. Brussels/Luxembourg: ECSC-EC-EAEC.

Fankhauser, S. (1995). Valuing Climate Change. The Economics of the Greenhouse. London: Earthscan.

Fawer A. (1996). Hochwasserstudie rechtes Rheinufer in Basel, Gebäudeversicherung des Kantons Basel-Stadt, Basel 1996.

Felder, S. & van Nieuwkoop, R. (1996). Revenue Recycling of a CO2 tax: Results from a General Equilibrium Model for Switzerland. Annals of Operations Research, 68, S. 233-265.

Felder, S. & van Nieuwkoop, R. et al. (1995). Wirtschaftliche Auswirkungen und Verteilungseffekte verschiedener CO2 -/Energieabgabe-Szenarien. Ergebnisse aus einem berechenbaren Gleichgewichtsmodell für die Schweiz. Ecoplan-Studie im Auftrag des Bundesamts für Energiewirtschaft. Bern.

Fisher, A.C. & Hanemann, W.M. (1993). Assessing Climate Change Risks: Valuation of Effects. In J. Darmstaedter & M. Toman (eds.), Assessing Surprises and Non-Linearities in Greenhouse Warming. Washington, D.C.: Resources for the Future.

Flückiger, St. D. (1996). Klimaänderungen: Ökonomische Implikationen innerhalb der Landwirtschaft und ihrem Umfeld aus globaler, nationaler und regionaler Sicht. Dissertation ETH Nr. 11276. Zürich.

Föhn P. (1990). Schnee und Lawinen, in: Schnee, Eis und Wasser der Alpen in einer wärmeren Atmosphäre; Mitteilungen VAW ETH Zürich Nr. 108, Zürich 1990.

Föhn P. (1991). Was ist künftig im Winter die Regel: Schneereiche oder schneearme Winter? In: Argumente aus der Forschung Nr. 3, WSL, Birmensdorf 1991.

Frösch R. & Abegg, B. (1993). Klimaänderung und Tourismus. Auswirkungen auf die touristischen Transportanlagen. Regio Basiliensis, 34 (1), S. 31-44.

Gebäudeversicherung des Kts. Basel-Stadt (1994). Geschätzte Auswirkungen auf den Gebäudebestand nach einem Hochwasser von ca. 0.5 m über dem Hochwasserstand vom 19.5.1994. Basel.

GEO/Zimmermann, M. et al. (1997). Murganggefahr und Klimaänderung - ein GIS-basierter Ansatz. Studie im Rahmen des NFP 31 "Klimaänderung und Naturkatastrophen". Zürich: vdf Hochschulverlag ETH.

Gleick, P.H. (1992). Water and Conflict. Project on Environmental Change and Acute Conflict. Toronto: University of Toronto.

Glogger G. (1996). Schweizer Hagel. Schweizer Fernsehen DRS, Menschen Technik Wissenschaft (1993). Die Schweiz im Treibhaus. Regionale Auswirkungen der globalen Klimabedrohung (2. erw. Aufl.). Zürich: Werd Verlag.

Gretener, Max (1992). Solidarität auf beiden Seiten. Zürich.

Gurtz, J. et al. (1996) Auswirkungen von klimatischen Variationen auf Wasserhaushalt und Abfluss im Flussgebiet des Rheins. Abschlussbericht NFP 31 "Klimaänderung und Naturkatastrophen". Zürich: Geographisches Institut der ETH, Abt. Hydrologie, Januar/Mai 1996.

Haeberli W., Hoelzle M. (1995). Application of inventory data for estimation charcteristics af and regional climate-change effects on mountain glaciers: a pilot study with the European Alps, in: Annals of Glaciology 21, 1995.

Haeberli, W. (1992). Eisstürze und Murgänge im Hochgebirge. Vorstudie NFP 31. Zürich.

Haeberli, W. (1995b). Permafrost und Blockgletscher in den Alpen. Vierteljahresschrift der Naturforschenden Gesellschaft Zürich, 140 (3), S. 113-121.

Hagel Information (1996). Gewittertätigkeit in der Schweiz – häufiger oder intensiver?, Mitteilungen der Schweizerischen Hagel-Versicherung-Gesellschaft, Zürich 1996.

Haines A. & Parry M. (1993). Climate Change and Human Health. Journal of the Royal Society of Medicine 86 (December), 707-711.

Haines, A. & Fuchs, C. (1991). Potential Impacts on Health of Atmospheric Change. Journal of Public Health Medicin 13 (2), 69-80.

Hansen, S.M. (1996). Climate Change and the Financial Sector. In Programmleitung NFP 31 (Hrsg.), Klimarisiken – Herausforderung für die Schweizer Wirtschaft. Thesen zu Klimaänderungen und Naturkatastrophen. Arbeitsbericht. Zürich: vdf Hochschulverlag ETH.

Hausmann, P. (1996). 1 Milliarde sFr. Schadenpotential für die Versicherer aus einem Überschwemmungsereignis in der Schweiz? Referat. Seminar der Schweizer Rück "Klimaänderungen und Naturkatastrophen", 6./7.5.1996.

Hennicke, P. & Becker, R. (1995). Ist Anpassen billiger als Vermeiden? Anmerkungen zur Aussagefähigkeit globaler Kosten/Nutzen-Analysen von Klimaänderungen. In P. Hennicke (Hrsg.), Klimaschutz: Die Bedeutung von Kosten-Nutzen-Analysen (S. 13-45). Berlin: Birkhäuser.

Hohmeyer, O. & Gärtner, M. (1992). The Costs of Climate Change. Report to the Commission of the European Communities. Karlsruhe: Fraunhofer Institut für Systemtechnik und Innovations-Forschung.

Holenstein, B. (1994). Sturmschäden 1990 im Wald. Schriftenreihe Umwelt Nr. 218 Wald. Hrsg. vom Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL). Bern.

Homer-Dixon, T.F., Boutwell, J.H. & Rathjens, G.W. (1993). Environmental Change and Violent Conflict. Scientific American, 268 (2), 38-45.

Houghton, John T. et al.: Stabilization of Atmospheric Greenhouse Gases: Physical, Biological and Socio-economic Implications. Paper presented unter the auspices of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Working Group I. Februar 1997.

Infras & Ecoplan (1996). Economic Impact Analysis of Ecotax Proposals. Comparative Analysis of Modelling Results. Final Report, CEC DG XII: EU 3rd Framework Programme. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Energiewirtschaft. Bern 1996.

Infras (1990). Der Treibhauseffekt und die Schweiz. Konzept zur Verminderung von Treibhausgas-Emissionen in der Schweiz. Studie im Auftrag der Schweizerischen Gesellschaft für Umweltschutz. Zürich, Juni 1990.

Infras (1995). Dynamische Energieabgabe und internationale Wettbewerbsfähigkeit. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Energiewirtschaft. Bern, Januar 1995.

Infras (1996). Structural Transformation Processes towards Sustainable Development in India and Switzerland. Synthesis and Case Studies. Swiss National Science Foundation. Priority Programme Environment 1994-95. Modul 7: Development and Environment. Zurich, May 1996.

Infras (1997). Beschäftigungswirkungen der Ressortaktivitäten von Energie 2000 und der erneuerbaren Energien in der Schweiz. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Energiewirtschaft. Bern, September 1997.

Infras, Econcept & Prognos (1996). Die vergessenen Milliarden: externe Kosten im Energie- und Verkehrsbereich. Bern: Paul Haupt.

Infras/NGO (1996). Auf zu grossem Fuss. Zahlen und Ziele für eine zukunftsfähige Schweiz.

Interdepartementaler Ausschuss Rio (1997). Nachhaltige Entwicklung in der Schweiz. Strategie. Bern: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft.

IPCC (1990). Climate Change – the IPCC Scientific Assessment. Report prepared für IPCC by Working Group I, Cambridge 1990.

IPCC (1992). Climate Change 1992 – the Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment. Cambridge 1992.

IPCC (1995a), D.W. Pearce, W.R. Cline, A.N. Achanta, S. Fankhauser, R.K. Pachauri, R.S.J. Tol and P. Vellinga, The Social Costs of Climate Change: Greenhouse Damage and The Benefits of Control.

IPCC. (1995). Houghton, J.T., Meira F. & Callander, B.A. et al. (Eds.): Climate Change 1995. The Science of Climate Change. Contribution of WGI to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: University Press, 1995.

IPPC (1997). Wigley, T., Atul K. Jain & Joos, Fortunat et al.: Auswirkungen der vorgeschlagenen Reduktionen von CO2-Emissionen In Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) (Hrsg.), Technischer Bericht 4, Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Bern, November 1997.

IPPC. (1996). ProClim (Hrsg.). Zusammenfassungen für politische Entscheidungsträger und Synthesebericht. Zweiter umfassender Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Bericht. Bern, Juni 1996.

Jeanrenaud C. (ed.). (1997). Environmental Policy between Regulation and Market. Basel/Boston/Berlin: Birkhäuser.

Kalkstein, L.S. (1989). The Impact of CO2 and Trace-Gas Induced Climate Changes upon Human Morality' in J.B. Smith and D.A. Tirpak (eds.), The Potential Effects of Global Climate Change on the United States, Appendix G. Washington, D.C.: Health, Environmental Protection Agency.

Kane, S., Reilly, J. & Tobey, J. (1992). An Empirical Study of the Economic Effects of Climate Change on World Agriculture. Climatic Change, 21, 17-24.

Kanton Zürich (1994). Energieplanungsbericht 1994. Bericht des Regierungsrates an den Kantonsrat über die Energieplanung vom 14.12.94.

Kantonale Gebäudeversicherungen (Hrsg.). (o.J.). Sichern und Versichern Bern: Kantonale Gebäudeversicherungen.

Katanos. Umfassende Risikoanalyse Schweiz. (1994).RiA-Bericht Nr. 1/94. Zentralstelle für Gesamtverteidigung ZGV. Bern.

Katanos-Bericht. (1995). Katastrophen und Notlagen in der Schweiz. Eine vergleichende Übersicht. Bundesamt für Zivilschutz.

Kienast F., Brzeziecki B., Wildi O. (1996). Long-term adaptation potential of Central European mountain forests to climate change: a GIS-assisted sensitivity Assessment, in: Forest Ecology and Management, E.P. Farrell, Ireland.

Kienast, F., Wildi, O. et al. (1997). Klimaveränderungen – Vegetationsveränderung? Antwort mit Hilfe von Modellen. In Programmleitung Nationales Forschungsprogramm 31 (Hrsg.) Klimaänderung, Synthesebericht Teil 1 (Kap. 3). Bern, 30.5.1997.

Kienholz, H. et al. (o.J.). Zur Sensitivität von Wildbachsystemen. Schlussbericht NFP 31. Bern: Geographisches Institut der Universität Bern & Birmensdorf: Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft.

Kirchgässner G., Meyer zu Himmern A. (1995). Strukturauswirkungen internationaler Umweltpolitik Auswirkungen von Strategien zur Begrenzung von CO2-Emissionen auf die Schweiz, Schlussbericht SPPU, St. Gallen 1995.

Kirchgässner, G. (1996). Ökologische Steuerreform: Utopie oder realistische Alternative? Diskussionspapier Nr. 9621 der Universität St. Gallen, volkswirtschaftliche Abteilung. St. Gallen, Dezember 1996.

Kissling-Näf, I., Knoepfel, P., Bächtiger, Ch. & Meier, R. (1998). Vorstudie für eine empirische Analyse verschiedener Kompensationsregimes im Hinblick auf eine nachhaltige Klimaschutzpolitik. Bern.

Klimakonferenz in Kyoto: Ambitiöse Klima-Verhandlungsziele der EU. Stark divergierende Verteilung der Lasten. Neue Zürcher Zeitung, Nr. 369, 19.11.1997, S. 23.

Knie, A. & Berthold, O. (1996). Das Ceteris-paribus-Syndrom in der Mobilitätspolitik. Tatsächliche Nutzungsprofile von elektrischen Strassenfahrzeugen. Zeitschrift für Umweltpolitik & Umweltrecht, 19 (1), S. 75-98.

Knoepfel, I. (1996). Klimarisiken aus Sicht der Versicherungswirtschaft. In Programmleitung NFP 31 (Hrsg.), Klimarisiken – Herausforderung für die Schweizer Wirtschaft. Thesen zu Klimaänderungen und Naturkatastrophen. Arbeitsbericht. Zürich: vdf Hochschulverlag ETH.

Koopman, G.J., Mors, M. & Scherp, J. (1992). Die Klimaherausforderung. Ökonomische Aspekte der Gemeinschaftsstrategie zur Begrenzung der CO2-Emissionen. Studie im Auftrag der Kommission der Europäischen Gemeinschaften, Generaldirektion Wirtschaft und Finanzen, Nr. 51, Brüssel, 29.5.1992.

Kriesi, R. (1995). Strategisches Management in der öffentlichen Verwaltung am Beispiel eines Neukonzepts für das Energie-Innovationsprogramm des Bundesamtes für Energiewirtschaft. Management Weiterbildung an der Universität Zürich, Heft 1. Bern: Haupt.

Kriesi, R. (1996). Strategien zu einer umweltverträglichen Energienutzung. Pilotprojekte für Anwendungsmöglichkeiten im Gebäudebereich. Neue Zürcher Zeitung, 14.10.96, Nr. 239, S. 32.

Krisenstab Brig-Glis (1994). Die Katastrophenbewältigung. Erfahrungen und Erkenntnisse des Krisenstabes Brig-Glis.

Kunz, P. (1996). Dangers naturels: conséquences face au climat. In Programmleitung NFP 31 (Hrsg.), Klimarisiken – Herausforderung für die Schweizer Wirtschaft. Thesen zu Klimaänderungen und Naturkatastrophen. Arbeitsbericht. Zürich: vdf Hochschulverlag ETH.

Lahratz, S. (1997). Beeinflusst hoher CO2-Gehalt die Biodiversität? Zwischenergebnisse einer Schweizer Studie. Neue Zürcher Zeitung, 20.8.1997, Nr. 191, S. 59.

Lang, H. & Atsuma, O. (1997). Wie gesichert sind unsere Wasservorräte? Schnee ist nicht das einzige, was sich mit dem Klima ändert. Neue Zürcher Zeitung, 21.5.1997, Nr. 114, S. 71.

Lang, H. (1996). Auswirkungen von klimatischen Variationen auf Wasserhaushalt und Abfluss im Flussgebiet des Rheins. Schlussbericht NFP 31. Bern.

Looske, R. (1996). Klimapolitik im Spannungsfeld von Kurzzeitinteressen und Langzeiterfordernissen. Marburg: Metropolis-Verlag.

Maibach, M. et al. (1993). Kostenwahrheit im Verkehr. Fallbeispiel Agglomeration Zürich. Vorschläge zur Internalisierung der externen Verkehrskosten. Chur/Zürich: Rüegger.

Mauch S., Iten R. et al. (1992). Ökologische Steuerreform, Zürich 1992.

Mayerhofer, P.: Die Folgen der Klimaänderung. Diskussion der Ansätze zur ökonomischen Bewertung. Arbeitspapier. Stuttgart: Universität Stuttgart, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER), Juli 1995.

Meier, R. & Walter, F. (1991). Umweltabgaben für die Schweiz. Ein Beitrag zur Ökologisierung von Wirtschaft und Gesellschaft. Chur/Zürich: Rüegger.

Meier, R. (1993). Umweltgerechte Verkehrsabgaben. Vorschläge für eine Neuorientierung. Chur/Zürich: Rüegger.

Meier, R. (1994). Umsetzung der Alpeninitiative. Zielsetzungen / Handlungsmöglichkeiten und Empfehlungen. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Verkehr. Bern, 10.7.1994.

Meier, R. (1996). Funktion und Stellenwert von Patenten im Rahmen der öffentlichen Forschungsförderung. Eine Untersuchung im Bereich der Energietechnologien. Studie im Auftrag des Schweizerischen Wissenschaftsrats, Forschungspolitische Früherkennung (FER) und des Bundesamtes für Energiewirtschaft. Bern, FER 162, Mai 1996.

Messerli, P.: Herausforderungen und Bedrohungen des schweizerischen Berggebietes durch Europa an der Wende zum 21. Jahrhundert. NF Band 47. Bern: Haupt, 1990.

Metron (1995). Ein ökologisch sinnvolles Beschäftigungsprogramm für die Schweiz. Schlussbericht. Brugg, Mai 1995.

Meyer zu Himmern, A. (1997). Strukturelle Auswirkungen umweltpolitischer Massnahmen zur Bekämpfung des Treibhauseffektes. Winterthur: Verlag GCDN.

Mueller T. (1995). Effets de la taxation de l'énergie sur l'économie Suisse, im Auftrag des Bundesamtes für Energiewirtschaft, Genf/Bern 1995.

Muggli, Ch. & Schulz, H.-R. (1994). Evualuation "Solar aktiv". Zürich/Basel: IBFG, 5.1.94.

Müller, U. & Zimmermann, W. (1996). Katastrophen als Herausforderung für Verwaltung und Politik. Kontinuitäten und Diskontinuitäten. Bern.

Müller-Fürstenberger, G. & Stephan, G. (1997). Environmental Policy and Cooperation beyond the Nation State: an Introduction and Overview. Structural Change and Economic Dynamics, 8, 99-114.

Münchner Rückversicherung: Winter Storms in Europe – Analysis of 1990 Losses and Future Loss Potential. München, Rückversicherung, 1993.

Mutzner, J. (1997). Tarife, Preise und Kosten der elektrischen Energie. Bericht Nr. 2.99d, Juli 1997. Zürich: Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke.

Nielsen, C. (1992). Der Wert stadtnaher Wälder als Erholungsraum. Eine ökonomische Analyse am Beispiel von Lugano. Chur/Zürich: Rüegger.

Nietlisbach, A. (1995). Volkswirtschaftliche Bedeutung von RAVEL am Beispiel einer WKK/WP-Strategie. Impulsprogramm RAVEL, Materialien zu RAVEL, Bundesamt für Konjunkturfragen. Bern.

Nordhaus, W.D. (1991a). 'To Slow or Not to Slow: The Economics of the Greenhouse Effect'. Economic Journal, 101, 920-937.

Nordhaus, W.D. (1991b). The Cost of Slowing Climate Change: A Survey. Energy Journal 12 (1), 37-65.

Nordhaus, W.D. (1991c). Economic Approaches to Greenhouse Worming. In R. Dornbusch & J.M. Poterba (eds.) Global Warming: Economic Policy Responses. Cambridge, MA: MIT Press.

OECD International Energy Agency (1994). Climate Change Policy Initiatives 1994 update. Vol I. Paris: OECD.

OECD Organisation for Economic Cooperation and Development (1991). Responding to Climate Change: Selected Economic Issues. Paris: OECD.

OECD Organisation for Economic Cooperation and Development (1992). The Economic Costs of Reducing CO2 Emissions. OECD Economic Studies, Special Issue, No. 19, Winter. Paris: OECD.

OECD Organisation for Economic Cooperation and Development (1993). The Costs of Cutting Carbon Emissions: Results from Global Models. Paris: OECD.

OECD Organisation for Economic Cooperation and Development (1995): The Economic Appraisal of Environmental Projects and Policies. A Practical Guide. Paris: OECD.

OECD Organisation for Economic Cooperation and Development, International Energy Agency (1992). Energy Prices and Taxes. Third Quarter 1991. Paris: OECD.

Opitz, J. (1997). Der globale Marsch. Flucht und Migration als Weltproblem. Verlag C.H.Beck. München.

Pearce, D.W.(1993). Economic Values and the Natural World. London: Earthscan.

Pearce, D.W., Achanta, A.N., Cline, W. et al. (1995). The Social Costs of Climate Change: Greenhouse Damage and the Benefits of Control. In J. Bruce, H. Lee & E.F. Haites (eds.), IPCC WG III Second Assessment Report. Cambridge: Cambridge University Press.

Petrascheck, A. (1996). Naturgefahren in der Raumplanung. Schlussbericht NFP 31. Zürich.

Pfund C. (1993). Die Seilbahnen in Zahlen, Referat, Bern 1993.

Philibert, C. (1996). Impacts économiques globaux. In Programmleitung NFP 31 (Hrsg.), Klimarisiken – Herausforderung für die Schweizer Wirtschaft. Thesen zu Klimaänderungen und Naturkatastrophen. Arbeitsbericht. Zürich: vdf Hochschulverlag ETH.

Previdoli, P. & Stephan, G. (1996). Wirtschaftliche Auswirkungen der Energie-Umwelt-Initiative. Ergebnisse zweier Gleichgewichtsanalysen. Ecoplan-Studie im Auftrag des Bundesamtes für Energiewirtschaft. Bern, Oktober 1996.

Prognos (1993). Auswirkungen einer CO2-Abgabe auf Energieverbrauch und CO2-Emissionen. Bericht von K. Eckerle. Basel, 30.9.93.

Prognos (1996). Wirtschaftliche Auswirkungen der Szenarien IIa und IIb. Studie von J. Scheelhaase & K. Haker im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft und des Bundesamtes für Energiewirtschaft. Basel, August 1996.

Prognos (1996a). Energieperspektiven der Szenarien I bis III 1990-2030. Synthesebericht im Auftrag des Bundesamtes für Energiewirtschaft. Bern.

Prognos (1997). Ergänzungen zu den Energieperspektiven 1990-2030. Szenario IV: verschärfte und auf Nachhaltigkeit ausgerichtete CO2-Reduktion. Synthesebericht im Auftrag des Bundesamtes für Energiewirtschaft. Bern, Juni 1997.

Radke, V. (1996). Ökonomische Aspekte nachhaltiger Technologie. Zur Bedeutung unterschiedlicher Ausprägungen des technischen Fortschritts für das Konzept des Sustainable Development. Zeitschrift für Umweltpolitik & Umweltrecht, 19 (1), S. 109-138.

Rieder, P. & Flückiger, St. (1997). Klimaänderungen und Landwirtschaft. Referat. Seminar des NFP 31 "Klimaänderungen und Naturkatastrophen", Fribourg, 4.4.1997.

Rijsberman, F.(1991). Potential Costs of Adapting to Sea Level Rise in OECD Countries. In OECD, Responding to Climate Change: Selected Economic Issues. Paris: OECD.

Roth, U. (1996). Das Nationale Forschungsprogramm NFP 31. Referat. Seminar der Schweizer Rück "Klimaänderungen und Naturkatastrophen", 6./7.5.1996.

Röthlisberger G., Unwetterschäden in der Schweiz, diverse Jahrgänge, in „wasser, energie, luft – eau, énergie, air", diverse Jahrgänge, Baden.

Röthlisberger, G. (1996). Unwetterschäden in der Schweiz. Hochwasser-Häufungen und klimatische Einflüsse – ein weiter Blick zurück bestätigt: nichts Neues. Auszüge aus der Vortragsreihe "Chronik der Unwetterschäden in der Schweiz - wenn der Himmel seine Schleusen öffnet". Birmensdorf: Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft. Bern.

Rütter, H., Guhl, D. & Müller, H.: Wertschöpfer Tourismus. Ein Leitfaden zur Berechnung der touristischen Gesamtnachfrage, Wertschöpfung und Beschäftigung in 13 pragmatischen Schritten. Hrsg. vom Forschungsinstitut für Freizeit und Tourismus, Universität Bern. Rüschlikon/Bern, Mai 1996.

Rütter, H., Müller, H., Guhl, D. & Stettler, J.: Tourismus im Kanton Bern. Wertschöpfungsstudie. Hrsg. vom Forschungsinstitut für Freizeit und Tourismus, Universität Bern. Rüschlikon/Bern, 1995.

Schiesser, H. H., Waldvogel, A., Schmid, W., Willemse, S. (1996). Klimatologie der Stürme und Sturmsysteme anhand von Radar- und Schadendaten. Wissenschaftlicher Schlussbericht NFP 31. ETH Zürich.

Schips, B. (1996). Ökologische Steuerreform - Schlagwort oder mehr? KOF-Bulletin der ETH Zürich.

Schmidt, H. (1996). Trittbrettfahrerverhalten und Leakage-Effekte im Klimaschutz. Effizienz- und Verteilungsaspekte einer Vorreiterrrolle im Klimaschutz-Prozess. ZfU, 4/96, S. 465-488.

Schmidtke, H. (1995). Sturmschäden im Wald. Teilprojekt NFP 31 "Klimaänderungen und Naturkatastrophe". Nesslau: Scherrer Ingenieurbüro, Dezember 1995.

Schöb, R. (1995). Zur Bedeutung des Ökosteueraufkommens: Die Double-Dividend-Hypothese. Zeitschrift für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften (ZWS), 115, S. 93-117.

Schorer, M. (1992). Extreme Trockensommer in der Schweiz und ihre Folgen für Natur und Wirtschaft. Geographica bernensia, G 40. Bern: Geographisches Institut der Universität Bern.

Sitte, R. (1995). Wachstum mit umgekehrtem Vorzeichen. Zum Verhältnis von Wertschöpfung, Energieverbrauch und CO2-Emissionen im Rahmen "nachhaltiger Entwicklung". WSI Mitteilungen 4/1995.

Smith, J.B. (1995). Standardized Estimates of Climate Changes Damages for the United States, Subited to Climate Change (in review).

Staehelin-Witt, E. & Blöchlinger, H. (Hrsg.). (1997). Ökologisch orientierte Steuerreformen. Die fiskal- und aussenwirtschaftspolitischen Aspekte. Eine Publikation des Bundesamtes für Aussenwirtschaft. Bern: Haupt.

Steffen, A.F. & Steffen, J. (1995). Hochwasserrisiken der Stadt Luzern. Höchsthochwasser Vierwaldstättersee. Hochwasserschutzkonzept der Stadt Luzern. Studie im Auftrag des Schweizerischen Sachversicherungsverbandes. Luzern.

Stephan, G. & Müller-Fürstenberger, G. (1997). Discounting and the Economic Costs of Altruism in Greenhouse Gas Abatement.University of Bern, Department of Applied Micro-Economics. Bern, July 1997.

Stephan, G. et al. (1991). Kohlendioxid-Abgabe und wirtschaftliche Auswirkungen. Eine berechenbare Gleichgewichtsanalyse für die Schweiz. Diskussionsbeiträge der Abteilung für Angewandte Mikroökonomie, Universität Bern.

Stephan, G. et al. (1992). Social Incidence and Economic Costs of Carbon Limits. A computable general equilibrium analysis for Switzerland. Environmental and Resource Economics, 2, 569-591.

Stephan, G. et al. (1994). Laissez-faire, Kooperation oder Alleingang: Klimapolitik in der Schweiz. Diskussionsbeiträge der Abteilung für Angewandte Mikroökonomie, Universität Bern.

Stephan. G., Müller-Fürstenberger, G. & Previdoli, P. (1997). Intra- and Intergenerational Effects of Global Carbon Limits: A Five Region Analysis. University of Bern, Department of Applied Micro-Economics. Bern, Jan. 1997.

Stettler, J.: Marktpotential der Reisedestination Schweiz im Winter. Hrsg. vom Forschungsinstitut für Freizeit und Tourismus, Universität Bern. Bern, 1997.

Thalmann, Ph. (1997). Impôts écologiques. L'exemple des taxes CO2. Lausanne: Presses polytechniques et universitaires romandes.

Theus, R. (1996). Klima und Seilbahnen im Wandel. Struktur und Strategien der Seilbahnunternehmungen. Referat, Seminar des NFP 31 "Klimaänderungen und Naturkatastrophen", ETH-Zentrum, Zürich.

Titus, J. (1992). The Cost of Climate Change in the United States. In S.K. Majumdar, L.S. Kalkstein, B. Yarnal, E.W. Miller & L.M. Rosenfeld (eds.), Global Climate Change: Implications, Challenges and Mitigation Measures. Pennsylvania: Pennsylvania Academy of Science.

Titus, J., Park, R.A., Leatherman, S.P. et al. (1991). Greenhouse Effect and Sea Level Rise: The Cost of Holding Back the Sea. Coastal Zone Management, 19, 172-204.

Tol, R.S.J. (1993). The Climate Fund. Survey of Literature on Costs and Benefits. Working Document W93/01, Amsterdam: Free University.

Tol, R.S.J. (1995). The Damage Costs of Climate Change: Towards a Dynamic Representation. Amsterdam: Free University, Insitute for Environmental Studies.

Tol, R.S.J., Van der Burg, T., Janes, H.M.A. & Verbruggen, H. (1995). The Climate Fund – Some Notions on the Socio-economic Impacts of Greenhouse Gas Emissions and Emission Reduction in an International Context. R95/03. Amsterdam: Free University, Institute for Environmental Studies.

UN Framework Convention on Climate Change (1997). Second National Communication of Switzerland 1997, Greenhouse Gas Inventory 1995. Hrsg. von der Schweizerischen Eidgenossenschaft. Bern, April 1997.

US-EPA – United States Environmental Protection Agency (1989). Preliminary Technology Cost Estimates of Measures Available to Reduce US Greenhouse Gas Emissions by 2010. Washington, D.C.: USEPA.

v.Ungern-Sternberg, T. (1994). Die kantonalen Gebäudeversicherungen. Eine ökonomische Analyse. Cahier de recherches économiques No 9405, département d'économétrie et d'économie politique de l'université de Lausanne. Lausanne.

v.Vischer, D.L. (1997). Naturgefahren und Klimaänderung in der Schweiz. Keine nachweisbaren Häufungen von Katastrophen infolge einer Klimaerwärmung. Neue Zürcher Zeitung, 12.11.1997, Nr. 263, S. 71.

Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke (Hrsg.). (1995). Vorschau 1995 auf die Elektrizitätsversorgung der Schweiz bis zum Jahr 2030. Eine Diskussions- und Entscheidungsgrundlage der Kommission für energiewirtschaftliche Fragen, Nr. 3.76d. Zürich: VSE/UCS.

Wallart, N. & Bürgenmeier, B. (1996). L'acceptabilité des taxes incitatives en Suisse. Schweizerische Zeitschrift für Volkswirtschaft und Statistik.

Walsott, R.T., Zinyowera, Marufu C. & Moss, Richard H.: Technologies, Policies and Measures for Mitigating Climate Change. Technical Paper. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Working-Group II, November 1996.

Wanner, H. (1997). Überlegungen zur Frage von Klimaänderungen im Alpenraum. Interner Bericht Nr. 1/1197 der Gruppe für Klimatologie und Meteorologie (KLIMET), Geographisches Institut der Universität Bern.

Watson, R.T., Zinyowera, M.C. & Moss, R.H. (1996). Technologies, Policies and Measures for Mitigation Climate Change. Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Working Group II). USA/Zimbabwe, November 1996.

Werbeck, Th. (1995). Ökonomische Bedenken gegen eine ökologische Steuerreform. Wirtschaftsdienst 1/1995.

Wilhelm, Ch. (1960). Wirtschaftlichkeit im Lawinenschutz. Methodik und Erhebungen zur Beurteilung von Schutzmassnahmen mittels quantitativer Risikoanalyse und ökonomischer Bewertung. Dissertation ETH Nr. 11774. Zürich.

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung: Globale Umweltveränderungen (1996). Welt im Wandel: Wege zur Lösung globaler Umweltprobleme: Jahresgutachten 1995. Berlin: Springer.

Wüest, H. et al. (1996). Die Bauwirtschaft in einem garstigen Umfeld! Studie im Auftrag des Kantonalen Baumeisterverbandes Zürich und der Zürcher Bauwirtschaftskonferenz. Zürich: Wüest & Partner.

Zingg A. (1996). Diameter and Basal Area Increment in Permanent Growth and Yield Plots in Switzerland, European Forest Institute Research Report No. 5, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1996.

Zingg, A. (1996). Diameter and Basal Area Increment in Permanent Growth and Yield Plots in Switzerland. In European-Forest Institute Research Report No. 5. Growth Trends in European Forests. Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag.

Die Resultate des NFP 31 im vdf

Sind Überschwemmungen, milde Winter und sommerliche Trockenperioden Indikatoren, die auf eine kommende Klimakatastrophe hinweisen?
Das Nationale Forschungsprogramm „Klimaänderungen und Naturkatastrophen" (NFP 31) des Schweizerischen Nationalfonds untersucht, welche ökologischen und gesellschaftlichen Auswirkungen die globalen Veränderungen auf die Schweiz haben könnten. Rund 50 Forschungsgruppen aus Hochschulen und der Privatwirtschaft sind an den Projekten beteiligt. Die Ergebnisse umfassen unter anderem:

- **Arbeits- und Forschungsberichte**
- **eine mehrbändige Teilsynthese mit thematischen Schwerpunkten (Klima, Wasserkreislauf, Naturgefahren, Ökosysteme, Gesellschaft)**
- **einen Schlussbericht**
- **ein Video**

etc.

vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, ETH Zentrum, CH-8092 Zürich
Tel. 01/632 42 42, Fax 01/632 12 32
e-mail: compuserve 100532,226, verlag@vdf.ethz.ch, http://vdf.ethz.ch

nadenskosten von 2,3 bis 3,2 Milliarden Franken pro
ır sind in der Schweiz zu erwarten, falls sich das
ma in den nächsten Jahrzehnten um durchschnittlich
C erwärmen sollte. Diese Wertschöpfungsverluste
rden in derStudie „Klimaänderungen und Naturkata-
ophen in der Schweiz" von Dr. Ruedi Meier errechnet.
Schätzungen stützen sich auf die Ergebnisse des
tionalen Forschungsprogrammes „Klimaänderungen
d Naturkatastrophen" ab.

3N 3 7281 2603 9