

AUFTRAGGEBER: BUNDESAMT FÜR UMWELT (BAFU)

AUSWIRKUNGEN DER KLIMAÄNDERUNG AUF DIE SCHWEIZER VOLKSWIRTSCHAFT (INTERNATIONALE EINFLÜSSE)

Schlussbericht

Zürich/Berlin/Rüschlikon, 2. August 2007

Arbeitsgemeinschaft INFRAS/Ecologic/Rütter + Partner

SCHLUSSBERICHT_INTERNATIONALE EINFLÜSSE_070802.DOC

The logo for INFRAS, featuring the word "INFRAS" in white lowercase letters on a black rectangular background.The logo for ecologic, featuring a blue triangle pointing right above the word "eco" in grey lowercase letters, and the word "logic" in white lowercase letters on a blue rectangular background.The logo for rütter+partner, featuring the text "rütter+partner" in blue lowercase letters on a light blue rectangular background.

Ecologic

Institut für Internationale und Europäische
Umweltpolitik
Pfalzburger Str. 43/44

D-10717 BERLIN

T+49 30 868800

Rütter+Partner

Sozioökonomische Forschung und
Beratung
Weingartenstrasse 5

8803 RÜSCHLIKON

T+41 44 724 27 70

INFRAS

GERECHTIGKEITSGASSE 20
POSTFACH
CH-8027 ZÜRICH
t +41 44 205 95 95
f +41 44 205 95 99
ZUERICH@INFRAS.CH

MÜHLEMATTSTRASSE 45
CH-3007 BERN

WWW.INFRAS.CH

AUSWIRKUNGEN DER KLIMAÄNDERUNG AUF DIE SCHWEIZER VOLKSWIRTSCHAFT (INTERNATIONALE EINFLÜSSE)

Auftraggeber: Bundesamt für Umwelt (BAFU)

Schlussbericht, Zürich/Berlin/Rüschlikon, 2. August 2007

INFRAS

Othmar Schwank

Martin Peter

Nicole North

Helen Lückge

Ecologic

R. Andreas Kraemer

Benjamin Görlach

Stefanie Lange

Rütter + Partner

Carsten Nathani

Begleitgruppe

Burkard Reto (BLW)

Gutzwiller Lukas (BFE)

Keller Marius (BAFU)

Megert Franziska (BFE)

Nauser Markus (BAFU)

Riedener Susanne (BAFU)

Roth Thomas (SECO)

Schädler Bruno (BAFU)

Schuler Christian (BAFU)

Der Bericht gibt die Auffassung der Autorinnen und Autoren wieder, die nicht notwendigerweise mit derjenigen des Auftraggebers oder der Begleitorgane übereinstimmen muss.

Schlussbericht_Internationale Einflüsse_070802.doc

INHALT

INHALT	3
KURZFASSUNG	7
RÉSUMÉ	13
1. EINLEITUNG	19
1.1. AUSGANGSLAGE UND ZIELSETZUNG	19
1.2. VORGEHEN UND BERICHTSSTRUKTUR	21
TEIL I: UNTERSUCHUNGSRAHMEN, PARAMETER UND SZENARIENBILDUNG	25
2. BESCHREIBUNG DER INTERNATIONALEN HAUPTINFLUSSKANÄLE	25
2.1. EINLEITUNG	25
2.2. HANDELSSTRÖME	26
2.3. ANDERE HAUPTINFLUSSKANÄLE	27
2.3.1. Devisen- und Kapitalmarkt	27
2.3.2. Arbeit und Migration	29
2.3.3. Technologie	30
2.3.4. Verfügbarkeit natürlicher Ressourcen	31
2.3.5. Andere	32
2.4. FAZIT	34
3. KLIMAPARAMETER ALS GRUNDLAGE FÜR DIE ANALYSE	35
3.1. BEGRIFFE, ÜBERSICHT	35
3.2. GLOBALE KLIMASZENARIEN	35
3.3. EXTREMEREIGNISSE	38
3.4. KIPPEFFEKTE, NICHTLINEARE EFFEKTE UND IRREVERSIBILITÄTEN	39
3.5. AUSWIRKUNGEN DES KLIMAWANDELS	43
3.6. EMISSIONSREDUKTION UND KLIMASCHUTZ	44
4. ÖKONOMISCHE PARAMETER ZUR ANALYSE DER HANDELSSTRÖME	47
4.1. EINLEITUNG	47
4.1.1. Annahmen zu Auswirkungen über die Importe der Schweiz	47
4.1.2. Annahmen zu Auswirkungen über die Exporte der Schweiz	48
4.2. METHODISCHES VORGEHEN	48
4.3. ANALYSE DER HANDELSVERFLECHTUNGEN DER SCHWEIZ	52
4.3.1. Importverflechtungen	53

4.3.2.	Exportverflechtungen	55
4.4.	ERARBEITUNG DER SZENARIEN	60
4.4.1.	Übersicht	60
4.4.2.	Szenario 1: Klima 2050 wirkt auf Wirtschaftsstruktur von heute	62
4.4.3.	Szenario 2: Klima 2050 wirkt auf Wirtschaftsstruktur 2050	66
TEIL II: ANALYSEN, ERGEBNISSE UND SYNTHESE		75
5.	ANALYSE DER AUSWIRKUNGEN DES KLIMAWANDELS AUF HAUPTINFLUSSKANÄLE NACH WELTREGIONEN	75
5.1.	EINLEITUNG	75
5.2.	VORGEHEN	76
5.3.	ÜBERLEGUNGEN ZUR WIRKUNGSMATRIX UND EINZELNEN KRITERIEN	76
5.3.1.	Physische Auswirkungen	78
5.3.2.	Ressourcenebene	79
5.3.3.	Sektorebene	81
5.3.4.	Auswirkungen auf Haupteinflusskanäle	84
5.4.	AUSWIRKUNGEN VON ANPASSUNGSMASSNAHMEN	88
6.	VULNERABILITÄT DER SCHWEIZ ÜBER DIE HANDELSSTRÖME	91
6.1.	EXPORTE: ERGEBNISSE DER SZENARIEN	91
6.1.1.	Szenario 1: Klimawandel 2050 und Wirtschaftsstruktur von heute	91
6.1.2.	Szenario 2: Klimawandel 2050 und Wirtschaftsstruktur von 2050	97
6.2.	IMPORTE: QUALITATIVE ERGEBNISSE	102
7.	SYNTHESE UND SCHLUSSFOLGERUNGEN	105
7.1.	ÜBERSICHT	105
7.2.	BEDEUTUNG DER HANDELSSTRÖME IM GESAMTKONTEXT	106
7.2.1.	Bewertung durch Expertinnen und Experten (Interviews)	106
7.2.2.	Ergebnisse der Modelluntersuchungen	107
7.3.	VULNERABILITÄT DER SCHWEIZ ÜBER ANDERE EINFLUSSKANÄLE	109
7.3.1.	Devisen- und Kapitalmarkt	109
7.3.2.	Migration	110
7.3.3.	Natürliche Ressourcen	112
7.3.4.	Zusammenwirken verschiedener Prozesse	113
7.4.	FAZIT: DIE INTERNATIONALEN HAUPTINFLUSSKANÄLE IM VERGLEICH ZU NATIONALEN DIREKTEN EINFLÜSSEN	115

ANNEX	116
A1 THESEN ZU DEN HAUPT-EINFLUSSKANÄLEN UND FRAGEN FÜR DIE EXPERTENINTERVIEWS	116
A2 METHODISCHE ANSÄTZE ZUR BERECHNUNG VON KLIMASCHÄDEN IN BESTEHENDEN STUDIEN	118
A3 WIRKUNGSMATRIX	122
A4 HINTERGRUND ZU DEN BERÜCKSICHTIGTEN STUDIEN	154
A5 DAS MEHR-REGIONEN-INPUT-OUTPUT-MODELL MULTIREG	158
A6 STRUKTUR IMPORTE SCHWEIZ	162
LITERATUR	164

KURZFASSUNG

Die Diskussion um die Gestaltung der Klimaschutzstrategie für die Zeit nach 2012 hat mit der Veröffentlichung der Stern Review (Stern 2006) und des 4. IPCC Wissenstandsberichts (IPCC 2007a, 2007b, 2007c) weltweit und in der Schweiz eine neue Dynamik erhalten. Vertiefte Analysen zum künftigen Schadenspotenzial und den Anpassungskosten sind wichtig für das Verständnis zu den Auswirkungen des Klimawandels auf die Schweizer Volkswirtschaft. Ziel dieser Studie ist es, abzuschätzen, welche Auswirkungen der Schweiz aus der Vernetzung mit den internationalen Güter- und Faktormärkten erwachsen. Dazu wurden die internationalen Haupteinflusskanäle, über welche der Klimawandel in unterschiedlichen Weltregionen auf die Schweizer Volkswirtschaft wirkt, identifiziert und ihre Bedeutung (grob quantitativ/qualitativ) abgeschätzt. Die direkten und teils indirekten Auswirkungen der Klimaänderung in der Schweiz auf die Schweizer Volkswirtschaft werden in einer parallelen Studie durch die Arbeitsgemeinschaft Ecoplan/Sigmaplan analysiert (Ecoplan/Sigmaplan 2007).

Haupteinflusskanäle und Untersuchungsmethoden

Die Verflechtung der Schweiz mit der übrigen Welt über den Gütertausch (Export und Import sowie Dienstleistungshandel) wurde als wichtigster internationaler Haupteinflusskanal des Klimawandels identifiziert. Die Schweiz als kleine, weitgehend offene Volkswirtschaft ist in vielfältiger Weise mit dem Ausland wirtschaftlich verflochten. Wenn der Klimawandel in anderen Weltregionen zu wirtschaftlichen Einbussen führt, so kann davon ausgegangen werden, dass sich dies auch auf die Schweiz auswirkt. Für eine erste Abschätzung der Exposition der Schweizer Volkswirtschaft gegenüber einer Veränderung der Warenströme unter Einfluss der Klimaänderung wurde das Mehr-Länder-Input-Output-Modell MULTIREG eingesetzt. Dieses Modell bildet die wirtschaftliche Verflechtung der Schweiz mit der übrigen Welt über die Warenimporte und -exporte detailliert ab. Dabei werden nicht nur die direkten Güterströme erfasst, sondern auch indirekte Verflechtungen, die über Drittländer verlaufen. Für die vorliegende Studie wurde MULTIREG auf 12 Weltregionen mit je 18 Wirtschaftssektoren aggregiert. Importseitig kann ermittelt werden, welche Wirtschaftssektoren in den einzelnen Weltregionen an der Produktion der Importe für die Schweiz beteiligt sind. Exportseitig ermöglicht es die Analyse von Veränderungen der Endnachfrage in den einzelnen Weltregionen auf die Exporte der Schweiz und letztlich auf die Bruttowertschöpfung in der Schweizer Volkswirtschaft. In dieser Studie konzentrierte sich die quantitative Analyse auf die Exportseite.

Aus heutiger Sicht ist es äusserst schwierig, die Verflechtung der Schweiz mit den übrigen Ländern im Betrachtungsjahr 2050 vorherzusagen. Um dennoch eine erste Einschätzung zur

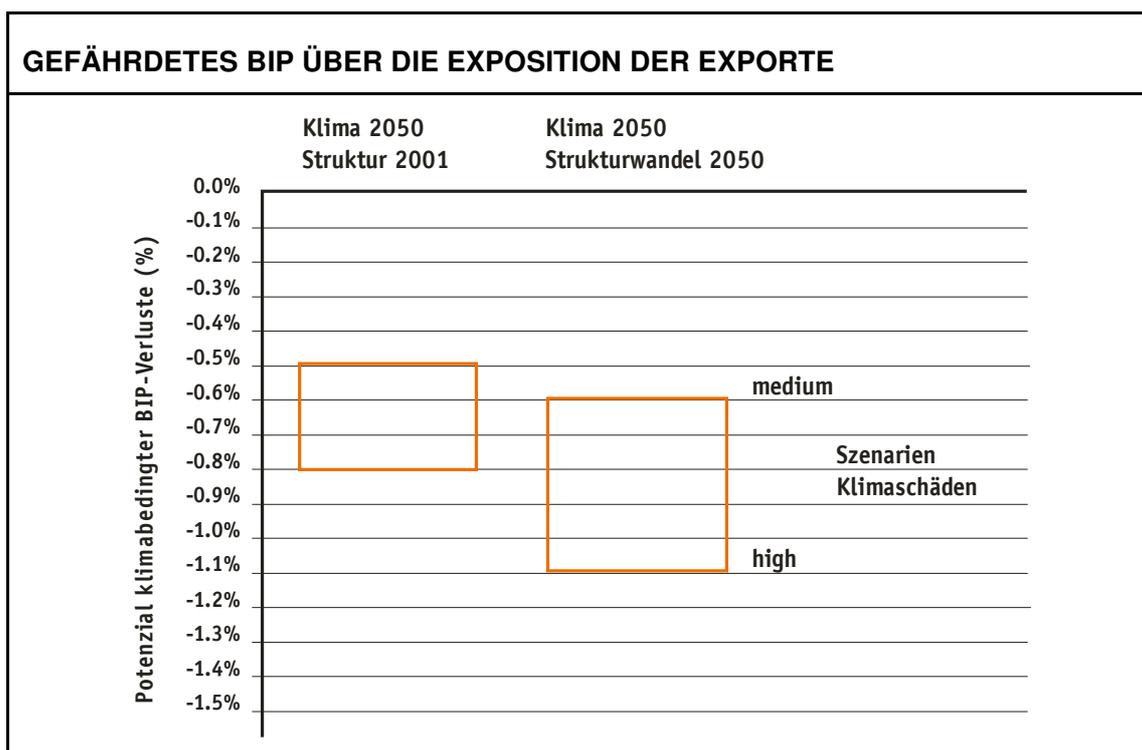
Exposition der Schweiz gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels in anderen Weltregionen zu erlauben, wurde ein zweistufiger Ansatz gewählt. In einem ersten Szenario wurde hypothetisch unterstellt, dass der für 2050 erwartete Klimawandel bereits heute eintritt. Dieses Szenario zeigt die Exposition der Schweiz in der heutigen Weltwirtschaft. In einem zweiten Szenario wurden die wichtigsten Trends der Weltwirtschaft bis zum Jahr 2050 in die Analyse einbezogen. Für das Szenario 2 wurde das Modell also so angepasst, dass es eine grobe Skizze der Weltwirtschaft und der Schweizer Volkswirtschaft im Jahr 2050 zeichnet. Hierfür wurden Ergebnisse von globalen Gleichgewichtsmodellen (WIAGEM), Literaturangaben und Ergebnisse von Forschungsprojekten (z.B. Energieperspektiven für die Schweiz) herangezogen und plausibilisiert. Insbesondere für dieses zweite Szenario sind die Ergebnisse aufgrund des fernen Zeithorizontes mit erheblichen Unsicherheiten verbunden.

Die Struktur der Handelsverflechtung der Schweiz (unter Szenario 1 und 2) wurde dem Rückgang der Kaufkraft ausgesetzt, welcher in verschiedenen Weltregionen als Folge des Schadenspotenzials der Klimaänderung bis 2050 entsteht. Dabei werden die Auswirkungen des Klimawandels gegenüber einer wirtschaftlichen Entwicklung ohne Veränderungen im Klimasystem, dem sog. **Business-as-usual (BAU) Szenario** berechnet. In diesem BAU-Szenario hat der Klimawandel keine oder nur vernachlässigbare physische Auswirkungen auf die Weltregionen, so dass sich die verschiedenen Haupteinflusskanäle und insbesondere die Import- und Exportströme ohne klimabedingte Einschränkungen entwickeln. Die Schätzungen des Schadenspotenzials stützen sich auf Datensätze aus parallel laufenden Forschungsvorhaben (Schadensszenario „medium“, Kemfert 2007) sowie auf Angaben zur möglichen Bandbreite der durch den Klimawandel bedingten wirtschaftlichen Wirkungen von "non-market impacts" aus den Arbeiten von Stern (2006; Schadensszenario „high“). Das Schadensszenario „high“ entspricht somit einer Sensitivitätsrechnung unter der Annahme, dass die Kosten am oberen Rand der Kostenschätzungen liegen. Neben der detaillierten quantitativen Analyse der Exportströme wurden andere Einflusskanäle, wie die Importe, der Handel mit Dienstleistungen, der Devisen- und Kapitalmarkt, die Verfügbarkeit an natürlichen Ressourcen, Arbeit/Migration, globale Konfliktpotenziale oder Technologie qualitativ untersucht.

Gefährdetes BIP über die Exposition der Exporte

Die Modellrechnungen zeigen, dass der im Jahr 2050 zu erwartende Klimawandel bei der heutigen Wirtschaftsstruktur der Schweiz und den gegebenen Handelsverflechtungen 1.4% bis 2.5% der Schweizer Exporte gefährden würde. Über die Produktionsseite berechnet würden dadurch 0.5% bis 0.8% des Bruttoinlandprodukts (BIP) gefährdet. Die Analyse besagt nicht, dass die

errechneten Anteile der Exporte und des BIP effektiv wegfallen, sondern dass dieser Teil besonders gefordert ist bei der Suche nach anderen Märkten und Abnehmern, günstigeren Produktionsprozessen oder Produkten. Bezieht man die weltwirtschaftliche Entwicklung bis 2050 ein (Szenario 2), so dürfte sich die Wirtschaftskraft in China verzehnfachen, in Osteuropa und Russland um einen Faktor 4–5 und in Westeuropa und Nordamerika um einen Faktor 2.5 bis 3 wachsen. Für die Schweiz wird ein vergleichsweise niedrigeres Wirtschaftswachstum erwartet. Aufgrund dieser Entwicklung wachsen auch die Exporte der Schweiz in Schwellenländer schneller als jene in OECD-Länder. Die Schwellenländer sind vom Klimawandel aber auch stärker betroffen als Westeuropa und Nordamerika. Unter Einbezug dieses Strukturwandels könnte der Anteil der gefährdeten Exporte auf 1.6% bis 3.1% steigen, so dass der Klimawandel bis 2050 über die Exposition der Exporte 0.6% bis 1.1% des BIP der Schweiz gefährden könnte.



Figur i Die Untersuchung stützt sich auf eine Schätzung der Klimaschäden (BIP-Verluste) nach Kemfert (2007) = medium und darauf aufbauend ein Sensitivitätszenario = high.

Bei den Warenimporten hat die qualitative Analyse gezeigt, dass bei der landwirtschaftlichen Wertschöpfung (basierend auf importierten Futtermitteln), beim Erdöl und in der Metallindustrie die Produktion in der Schweiz relativ stark von Importen aus klimaexponierten Ländern abhängig ist. Weiter wurde deutlich, dass die auf die Analyse der Exporte ausgerichtete Wahl der

Weltregionen für die Analyse der Importe nicht ideal ist. Eine vertiefende Analyse in diesem Bereich müsste den bedeutenden Teil der Importe, welche in dieser Untersuchung als Sammelkategorie „Rest der Welt“ ausgewiesen ist, genauer aufschlüsseln, um zu aussagekräftigeren Informationen zu gelangen.

Andere Haupteinflusskanäle

Im Dienstleistungsbereich können zwei für die Schweiz wichtige Wirtschaftsbranchen durch den Klimawandel über internationale Einflusskanäle beeinflusst werden: Der Finanzdienstleistungssektor dürfte zwar Markt und Kaufkraft bedingte Einbussen durch den Klimawandel hinnehmen müssen; die Versicherungswirtschaft und somit der Dienstleistungssektor Schweiz dürften vom Klimawandel aber eher profitieren, weil es zu einer verstärkten Nachfrage nach Rückversicherungsdienstleistungen kommen könnte, sofern nicht grössere Schadensereignisse den für die Privatwirtschaft attraktiven Markt stark einschränken.

Der Klimawandel wird einen erheblichen Einfluss auf die Kapitalmärkte ausüben. Es sind zwei ökonomische Prozesse, die durch den Klimawandel die Nachfrage nach Kapital und damit einen Anstieg der Zinsen erwarten lassen: Zum einen werden Anpassungsmassnahmen an den Klimawandel grössere Mengen an Kapital binden für Investitionen zur Schadensbehebung und -abfederung, zum anderen ist es die Reduktion der Treibhausgasemissionen, die – durch Klimapolitik vorangetrieben – höhere Investitionen in den Produktionsprozessen nach sich zieht.

Die Wirkungszusammenhänge zwischen klimainduzierten globalen Migrationsströmen und ihren Auswirkungen auf die Schweiz werden noch wenig verstanden. Der Beitrag schleichender Veränderungen der „Umwelt“ durch Übernutzung von Ökosystemen und Klimawandel wird erst aus einer historischen Perspektive besser einzuordnen sein. Internationale Übereinkommen zur Bewältigung von Migrationsströmen und ihre praktische Umsetzung sind für die Auswirkungen auf die Schweiz wohl von grösserer Bedeutung. Grossräumige Migrationsströme in die Schweiz erscheinen in naher und mittlerer Zukunft als wenig wahrscheinlich. Ein Migrationsdruck auf Mittel- und Nordeuropa entsteht durch die Einwanderung aus Afrika, Lateinamerika und Asien über Süd- und Osteuropa. Die Schweiz wird mit dem Beitritt zum Schengen-Abkommen Teil des Migrationsraums Europa. Die Hauptgründe bereits bestehender Migrationsbewegungen sind die grossen Unterschiede zwischen den Wohlstandsniveaus in der Welt sowie bewaffnete Konflikte, welche ihren Ursprung teilweise in rivalisierenden Ansprüchen auf den Zugang zu Ressourcen haben.

Die klimabedingte regionale Verschärfung der Wasserknappheit dürfte sich über die Handelsströme, aber auch über andere Einflusskanäle auf die Schweiz auswirken. Insgesamt schei-

nen diese Auswirkungen bis 2050 volkswirtschaftlich verkraftbar zu sein. Die Schweiz wird mit einem optimierten Wassermanagementsystem die Klimawirkungen auf den Alpenraum abfedern können. Die Auswirkungen der Klimaänderung auf die Agrarmärkte könnte weltweit wie in Europa substanzieller ausfallen, wobei eine Verknappung des Wassers die Wettbewerbsposition der Schweiz tendenziell stärkt.

Es besteht Konsens unter den befragten ExpertInnen, dass die internationalen Einflüsse der Klimaänderung auf die Schweizer Volkswirtschaft insgesamt grösser sein werden als die direkten und indirekten Auswirkungen der Klimaänderung in der Schweiz auf die Schweizer Volkswirtschaft. Dabei sind die Auswirkungen auf die Handelsströme und die Kapitalmärkte für die Schweiz wohl am bedeutendsten, gefolgt von den Auswirkungen auf die Migration und die Ressourcen.

Synthese

Der internationale Einflusskanal über die Warenexporte, der in dieser Studie genauer untersucht wurde, erweist sich als etwa gleichbedeutend wie der nationale Einflusskanal über alle Aspekte der Klimafolgen in der Schweiz (Ecoplan/Sigmaplan 2007). Es gibt bei den internationalen Einflusskanälen aber eine Vielzahl weiterer bedeutender Aspekte, die zwar nicht ähnlich gut in quantitativer Hinsicht beleuchtet werden können, aber ebenso wichtige oder wichtigere Rollen spielen für die Betroffenheit der Schweiz durch den Klimawandel. Dies betrifft beispielsweise Dienstleistungsexporte, Importe, Kapitalmärkte, Migration, Ressourcenströme, etc.

Die befragten ExpertInnen sowie die eigenen Analysen weisen darauf hin, dass die internationalen Einflüsse der Klimaänderung auf die Schweizer Volkswirtschaft insgesamt grösser ausfallen dürften als die direkt in der Schweiz spürbaren nationalen Einflusskanäle. Daraus folgern wir, dass sich weiterführende Analysen nicht mehr nur auf die nationalen Einflüsse der Klimaänderung abstützen dürfen. Die internationalen Einflüsse sind gleichwertig einzubeziehen, auch wenn die Schwierigkeiten bei der Durchführung ökonomischer Wirkungsanalysen entsprechend dem naturwissenschaftlichen „state of the art“ (IPCC 2007a und 2007b) grösser sind als bei der Analyse der direkt spürbaren Einflüsse.

Die kleine offene Volkswirtschaft Schweiz muss deshalb bei der Analyse und Diskussion der Wirkungen des Klimawandels auf das eigene Land nationale und internationale, quantifizierbare und schwerer fassbare Aspekte würdigen, wenn ein aussagekräftiges Gesamtbild zur Auswirkung der Klimaänderung auf die Schweizerische Volkswirtschaft erarbeitet werden soll.

RÉSUMÉ

La publication de l'étude Stern Review (Stern 2006) et du 4^e rapport du GIEC sur l'état des connaissances (GIEC 2007a, 2007b, 2007c) ont donné une nouvelle dynamique aux discussions relatives à la définition de la stratégie de protection du climat pour la période après 2012, en Suisse et dans le monde. Il est important de disposer d'analyses approfondies des dommages potentiels ainsi que des coûts d'adaptation pour comprendre les conséquences des changements climatiques pour l'économie suisse. La présente étude doit permettre d'estimer les conséquences pour la Suisse de la participation aux marchés internationaux des produits et des facteurs de production. À cet effet, il a fallu identifier les principaux canaux internationaux par lesquels les changements climatiques dans différentes régions du monde influencent l'économie suisse. L'importance de ces canaux a en outre fait l'objet d'une estimation sommaire (quantitative et qualitative). Les conséquences directes et parfois indirectes des changements climatiques en Suisse pour l'économie nationale font l'objet d'une étude parallèle du groupe de travail Eco-plan/Sigmaplan (Ecoplan/Sigmaplan 2007).

Principaux canaux d'influence et méthodologie

Le principal canal international d'influence identifié en ce qui concerne les changements climatiques est l'interpénétration de la Suisse et du reste du monde par l'échange de produits (exportations, importations et marché des services). De petite dimension mais large d'ouverture, l'économie suisse est à maints égards économiquement interdépendante de l'étranger. On peut ainsi supposer que les pertes financières liées aux changements climatiques dans d'autres régions du globe ont aussi des répercussions en Suisse. La première évaluation de l'exposition de l'économie suisse à des modifications des flux de marchandises suite aux changements climatiques a été réalisée grâce au modèle multirégional MULTIREG fondé sur les intrants et les extrants. Ce modèle permet de représenter de manière détaillée l'interpénétration économique de la Suisse et du reste du monde par le biais des importations et des exportations de produits. Il tient compte non seulement des flux de marchandises directs, mais aussi de l'interpénétration indirecte par des pays tiers. Pour cette étude, le modèle MULTIREG regroupe 12 régions du monde et 18 secteurs économiques. Du point de vue des importations, il permet de définir pour chaque région les secteurs concernés par la production des marchandises importées en Suisse. Du point de vue des exportations, il permet d'analyser l'évolution dans chaque région de la demande finale en produits exportés par la Suisse ainsi que les modifications de la valeur ajoutée brute qui en découlent pour l'économie suisse. Seules les exportations ont fait l'objet d'une analyse quantitative.

À l'heure actuelle, il est extrêmement difficile de prévoir l'interpénétration de la Suisse et des autres pays en 2050. Pour pouvoir néanmoins évaluer l'exposition de la Suisse aux conséquences des changements climatiques dans d'autres régions du monde, il a fallu procéder en deux étapes. Dans un premier temps, on a élaboré un scénario intégrant dès à présent les changements climatiques prévus pour 2050, afin d'évaluer l'exposition de la Suisse dans la situation économique mondiale actuelle. On a ensuite développé un second scénario incluant les principales tendances de l'économie mondiale jusqu'en 2050. Pour ce faire, on a adapté le modèle de telle sorte qu'il ébauche les principales caractéristiques de l'économie mondiale et de l'économie suisse en 2050. On a utilisé à cet effet les résultats de modèles d'équilibre mondiaux (WIAGEM), d'études et de projets de recherche (p. ex. perspectives énergétiques pour la Suisse), dont on a examiné la plausibilité. Dans une perspective aussi éloignée, les résultats de ce second scénario, en particulier, sont assortis d'incertitudes considérables.

La structure de l'interpénétration commerciale en Suisse (scénarios 1 et 2) a été évaluée en fonction de la baisse du pouvoir d'achat affectant différentes régions du monde d'ici à 2050 suite aux dommages potentiels dus aux changements climatiques. Les conséquences des changements climatiques ont été calculées par rapport au **scénario Business-as-usual (BAU)**, c'est-à-dire à un développement économique normal sans changements du système climatique. Selon ce scénario BAU, les conséquences physiques des changements climatiques sont nulles ou négligeables dans les régions du monde, de sorte que les principaux canaux d'influence – et notamment les flux d'importations et d'exportations – ne subissent pas de restrictions liées au climat. Les dommages potentiels ont été estimés sur la base de séries de données provenant de projets de recherche parallèles (scénario « dommages moyens », Kemfert 2007) ainsi que d'indications de l'étude Stern (2006, scénario « dommages importants ») relatives à la fourchette potentielle des effets économiques des « non-market impacts » liés aux changements climatiques. Le scénario « dommages importants » correspond donc à une analyse de sensibilité prenant en compte les coûts les plus élevés de la fourchette estimée. Outre les flux d'exportations, qui ont fait l'objet d'une analyse quantitative détaillée, d'autres canaux d'influence ont été étudiés du point de vue qualitatif, notamment les importations, le marché des services, le marché des devises et des capitaux, la disponibilité des ressources naturelles, le travail et les migrations, les conflits mondiaux potentiels, ainsi que la technologie.

Risque de baisse du PIB en raison de l'évolution des exportations

D'après les modèles de calcul, si l'on prend pour base la structure économique actuelle de la Suisse ainsi que l'interpénétration commerciale présente, les changements climatiques prévus

pour 2050 pourraient entraîner un recul de 1,4 à 2,5 % des exportations. Du point de vue de la production, cela correspondrait à une baisse du produit intérieur brut (PIB) de 0,5 à 0,8 %.

L'étude n'affirme pas que les exportations et le PIB connaîtront une baisse effective, mais que la recherche d'autres marchés et clients ainsi que de processus de production ou de produits moins coûteux sont particulièrement nécessaires dans ces domaines. Si l'on prend en compte le développement économique mondial d'ici à 2050 (scénario 2), le potentiel économique devrait être multiplié par 10 en Chine, par 4 ou 5 en Europe centrale et en Russie et par 2,5 ou 3 en Europe occidentale et en Amérique du Nord. En Suisse, la croissance économique devrait être relativement plus faible. Du fait de cette évolution, les exportations de la Suisse vers les nouveaux pays industrialisés connaîtront un développement plus rapide que celles vers les États membres de l'OCDE. Mais les nouveaux pays industrialisés sont aussi plus touchés par les changements climatiques que l'Europe occidentale et l'Amérique du Nord. Si l'on tient compte de ces changements structurels, la part des exportations menacées risque d'augmenter de 1,6 à 3,1 %, de sorte que le PIB de la Suisse risque, quant à lui, de diminuer de 0,6 à 1,1 % en raison de l'évolution des exportations liée aux changements climatiques d'ici à 2050.

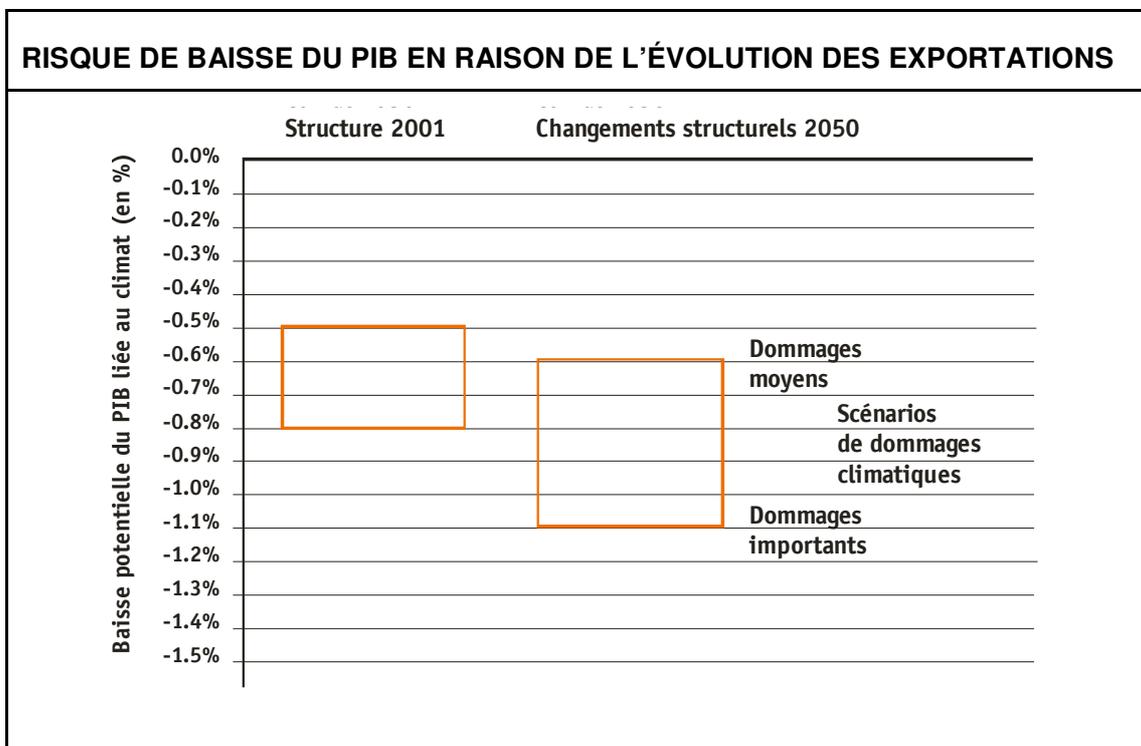


Figure i L'étude repose sur une estimation des dommages climatiques (baisse du PIB) selon les analyses de Kemfert (2007) = dommages moyens et sur un scénario de sensibilité qui en découle = dommages importants.

En ce qui concerne les importations, l'analyse qualitative a montré que la production en Suisse dépend pour une assez large part des importations de pays exposés aux changements climatiques dans les secteurs de la valeur ajoutée agricole (sur la base des importations de fourrage), du pétrole et de la métallurgie. Il est apparu par ailleurs que le choix des régions du monde opéré en fonction de l'analyse des exportations n'est pas idéal pour l'analyse des importations. Il conviendrait dans ce domaine de procéder à une analyse plus détaillée de la part importante des importations regroupées dans cette étude dans la catégorie « reste du monde », afin de les ventiler plus précisément et d'obtenir des informations plus probantes.

Autres principaux canaux d'influence

Dans le secteur des services, deux branches économiques importantes pour la Suisse peuvent subir l'influence des changements climatiques par le biais de canaux internationaux: le secteur des services financiers devrait enregistrer des pertes liées au marché et au pouvoir d'achat; en revanche, le secteur des assurances et donc celui des services en Suisse devraient plutôt profiter des changements climatiques, qui pourraient entraîner une augmentation de la demande en prestations de réassurance pour autant que le marché attrayant pour le secteur privé ne soit pas considérablement restreint par d'importants sinistres.

Les changements climatiques exerceront une influence considérable sur les marchés des capitaux. Ils vont provoquer une augmentation de la demande en capitaux et donc une hausse des taux d'intérêts par le biais de deux processus économiques: d'une part, les mesures d'adaptation aux changements climatiques mobiliseront de grosses sommes de capitaux en vue d'investissements pour réparer et atténuer les dommages, et d'autre part, la réduction des émissions de gaz à effet de serre entraînera davantage d'investissements – dus à la politique climatique – dans le domaine des processus de production.

Les tenants et aboutissants des flux migratoires mondiaux liés au climat et leurs répercussions pour la Suisse ne sont pas encore bien connus. Ce n'est que dans une perspective historique qu'on pourra mieux comprendre la contribution des modifications cachées de «l'environnement» dues à une exploitation excessive des écosystèmes et aux changements climatiques. Les accords internationaux sur la régulation des flux migratoires et leur application concrète s'avèreront sans doute encore plus importants pour la Suisse. Il semble toutefois peu vraisemblable que notre pays soit touché par d'importantes vagues migratoires à court ou moyen terme. Les migrants en provenance d'Afrique, d'Amérique latine et d'Asie rejoignent l'Europe centrale et septentrionale en passant par l'Europe méridionale et orientale. En adhérant aux accords de Schengen, la Suisse devient partie intégrante de l'espace migratoire européen. Les mouvements

migratoires existants s'expliquent principalement par les grandes différences de niveau de vie dans le monde et par les conflits armés parfois liés à l'accès aux ressources. La raréfaction régionale de l'eau due au climat devrait se répercuter en Suisse par les flux commerciaux mais aussi par d'autres canaux d'influence. Dans l'ensemble, il semble que l'économie nationale pourra faire face à ces effets d'ici à 2050. La Suisse pourra atténuer les conséquences des changements climatiques pour l'arc alpin en optimisant son système de gestion de l'eau. Les conséquences des changements climatiques pour les marchés agricoles pourraient être plus importantes dans le reste de l'Europe et dans le monde. La raréfaction de l'eau aura donc tendance à renforcer la position concurrentielle de la Suisse. Les experts s'accordent à penser que l'économie suisse sera davantage affectée par les influences internationales des changements climatiques que par les conséquences directes et indirectes en Suisse. Les effets sur les flux commerciaux et les marchés des capitaux seront sans doute les plus sérieux, suivis par les conséquences touchant l'immigration et l'accès aux ressources.

Synthèse

Le canal international d'influence par les exportations de marchandises, analysé en détail dans cette étude, revêt à peu près autant d'importance que le canal national regroupant tous les aspects des conséquences des changements climatiques en Suisse (Ecoplan/Sigmaplan 2007). Les canaux internationaux recouvrent toutefois de nombreux autres aspects qui, s'ils ne peuvent être aussi bien étudiés au plan quantitatif, sont aussi importants, voire plus importants, en ce qui concerne l'exposition de la Suisse aux changements climatiques. Il s'agit notamment des exportations de services, des importations, des marchés des capitaux, de l'immigration et des flux de ressources.

Les experts consultés ainsi que les analyses réalisées indiquent que l'économie suisse devrait être davantage affectée par les influences internationales des changements climatiques que par les canaux nationaux d'influence directement perceptibles en Suisse. Il en découle que les analyses complémentaires ne pourront plus reposer uniquement sur les influences nationales des changements climatiques. Les influences internationales devront y être intégrées à parts égales, même si, en l'état actuel de la technique scientifique (GIEC 2007a et 2007b), il est plus difficile d'évaluer leur impact économique que d'analyser les influences directement perceptibles. Si l'on veut obtenir une vue d'ensemble précise des conséquences des changements climatiques pour la petite économie ouverte de la Suisse, il faut prendre en compte, dans l'analyse et la discussion des effets pour le pays, les aspects nationaux et internationaux, qu'ils soient quantifiables ou difficiles à évaluer.

1. EINLEITUNG

1.1. AUSGANGSLAGE UND ZIELSETZUNG

Die von Februar bis Mai 2007 veröffentlichten 4. Wissensstandsberichte (4AR) des IPCC (IPCC 2007a, 2007b, 2007c) zu den physikalischen Grundlagen und den Auswirkungen des Klimawandels machen deutlich, dass sich das Klimasystem erwärmt und nur entschlossenes Handeln der internationalen Gemeinschaft die erheblichen Risiken eines Temperaturanstiegs von über 2 Grad noch abwenden kann. Höhere globale Durchschnittstemperaturen der Luft und des Meeres, ausgedehnte Schnee- und Eisschmelzen sowie ein steigender Meeresspiegel werden Realität. Das Klima ändert sich in der Tendenz rascher und innerhalb empfindlicher Regionen stärker als noch im 3. Wissensstandsbericht (TAR) des IPCC (IPCC 2001) vermutet.

Die Schweiz ist überdurchschnittlich betroffen aufgrund ihrer geografischen Lage und Topographie. Dies macht die Schweiz in Teilbereichen¹ im Vergleich zu anderen europäischen Ländern verwundbarer gegenüber den Auswirkungen der Klimaänderungen. Weltweit gesehen ist sie aber aufgrund ihrer geografischen Lage², wirtschaftlichen Stärke und ihrer Kapazitäten und Möglichkeiten, sich an die negativen Auswirkungen der Klimaänderungen anzupassen, sicher in einer Gunstposition.

Die Diskussion um die Gestaltung der Klimaschutzstrategie für die Zeit nach der 1. Verpflichtungsperiode des Kyoto-Protokolls (2008–2012) hat mit der medial und weltweit stark beachteten Veröffentlichung der IPCC-Berichte (IPCC 2007a, 2007b, 2007c) eine neue Dynamik erhalten, auch in der Schweiz³. Die Möglichkeit, wichtige Handelspartner in weitergehende Verpflichtungen zum Klimaschutz einzubinden, ist sowohl für die Klimastrategie der Schweiz als auch für die Gestaltung der künftigen globalen Handelsbeziehungen von Bedeutung.

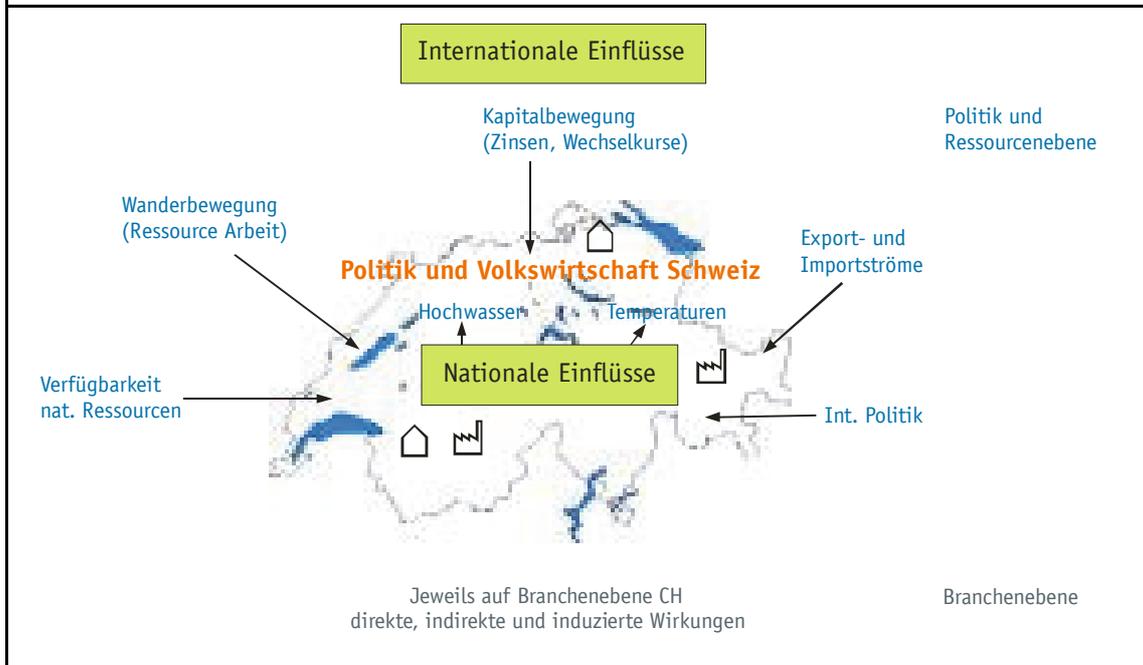
Im Hinblick auf die Formulierung einer Klimaschutzstrategie für die Zeit nach 2012 ist es wichtig, die möglichen Auswirkungen der Klimaänderung auf die Schweizer Volkswirtschaft (Zeithorizont 2050) besser zu verstehen. Im Rahmen des BAFU-Projektes „Auswirkungen der Klimaänderung auf die Schweizer Volkswirtschaft“ wurden das künftige Schadenspotenzial sowie die Anpassungskosten vertieft analysiert. Zwei Teilstudien des BAFU-Projektes untersuchen die nationalen wie die internationalen Einflusskanäle der Klimaänderung auf die Schweizer Volkswirtschaft (Figur 1).

1 Z.B. Hydrologie, Kryosphäre.

2 Kein Meeresanstoss, keine Siedlungsschwerpunkte auf Meereshöhe, liegt nicht im Hauptrisikogebiet für mediterrane Trockenperioden im Sommer.

3 Z.B. Ankündigung von Parlamentsvorstössen verschiedener Parteien oder die Sonderdebatte des Nationalrats zur Klima- und Energiepolitik vom 21. März 2007.

WIRKUNGSEBENEN UND HAUPTINFLUSSKANÄLE DES KLIMAWANDELS AUF DIE SCHWEIZER VOLKSWIRTSCHAFT



Figur 1 Internationale und nationale Einflüsse des Klimawandels auf die Schweizer Volkswirtschaft. Struktur der Wirkungsebenen und Haupteinflusskanäle (eigene Darstellung).

Das **Ziel dieser Studie** ist es, die Bedeutung (Identifikation und quantitative/qualitative Grob-schätzung) **internationaler Haupteinflusskanäle** der wirtschaftlichen Auswirkungen aufgrund des Klimawandels in unterschiedlichen Weltregionen auf die Schweizer Volkswirtschaft abzuschätzen. Die direkten und teils indirekten Auswirkungen der Klimaänderung in der Schweiz auf die Schweizer Volkswirtschaft werden in einer parallelen Studie durch die Arbeitsgemeinschaft Ecoplan/Sigmaplan analysiert.

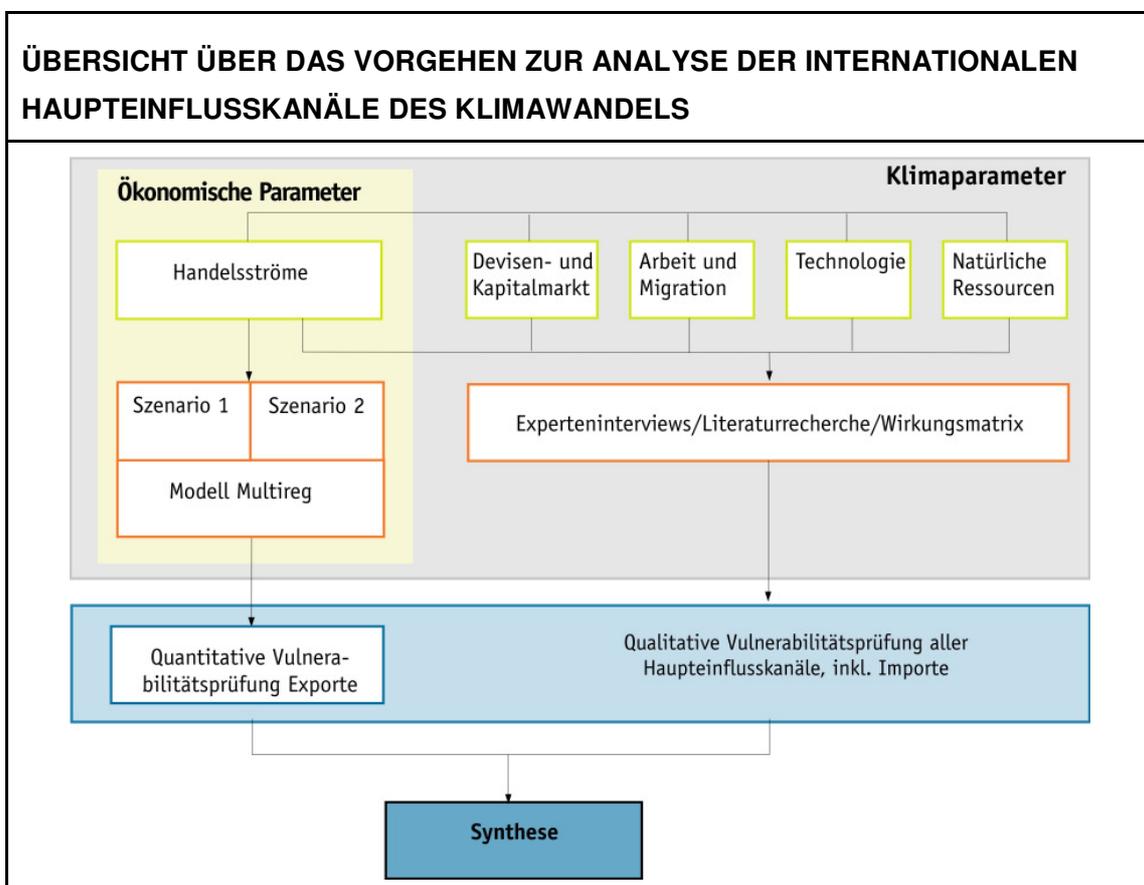
Die vier **Hauptfragestellungen** der hier vorliegenden Studie sind:

- › Ist die Wirkung des Klimawandels auf die Schweizer Volkswirtschaft über die internationalen Handelsströme ein relevanter Haupteinflusskanal? Wenn ja, welcher Anteil der Exporte kann betroffen sein?
- › Welche Bedeutung spielen die weiteren internationalen Haupteinflusskanäle wie Kapitalmarkt, Migration, oder die Verfügbarkeit natürlicher Ressourcen für die Ökosystemstabilität und die Landesversorgung?
- › Verändert sich die Exposition der Schweiz gegenüber diesen internationalen Haupteinflusskanälen in Zukunft (bis 2050)? In welche Richtung?

- › Wie sind die internationalen Haupteinflusskanäle mit Bezug auf die Grössenordnung im Vergleich zu den Einflüssen auf das Klima in der Schweiz einzuordnen?

1.2. VORGEHEN UND BERICHTSSTRUKTUR

Diese Studie hat mittels eines mehrstufigen Vorgehens und unter Einbezug verschiedener Methoden gearbeitet. Die folgende Darstellung soll dies verdeutlichen (Figur 2).



Figur 2 zeigt die Haupteinflusskanäle (HEK), Methoden der Analyse sowie die Art der Ergebnisse der Analyse.

Die Studie gliedert sich in zwei grosse Teile. **Teil I** beschreibt den Untersuchungsrahmen mit den klimatischen und ökonomischen Parametern und bildet die Szenarien für die Analyse der Relevanz der Haupteinflusskanäle für die Auswirkungen des Klimawandels auf die Schweizer Volkswirtschaft im Jahr 2050.

- › Die **internationalen Haupteinflusskanäle**, über welche die Schweiz die Auswirkungen des weltweiten Klimawandels allenfalls spüren wird, werden als erstes in **Kapitel 2** beschrieben.

Die Relevanz von Handelsströmen, Devisen- und Kapitalmarkt, Migration, Technologie oder der Verfügbarkeit natürlicher Ressourcen wird aufgrund Thesen und mittels Experteninterviews im weiteren Verlauf überprüft. Die Handelsströme – als einer der vermuteten wichtigsten Haupteinflusskanäle – werden zusätzlich zu dieser qualitativen Prüfung einer quantitativen Analyse unterzogen (siehe dazu Kapitel 4).

- › **Kapitel 3** öffnet das weite Feld der Klimawissenschaft und beschreibt die **Klimaparameter** als Grundlage für die Analyse der zukünftigen **Entwicklung des Klimas** in verschiedenen Weltregionen. Dabei ist die Wahl des **Zeithorizonts 2050** für die Zielsetzung dieser Studie von Bedeutung. Bis 2030 unterscheiden sich die von IPCC (2007a, 2007b, 2007c) untersuchten Emissionsszenarien kaum. International koordinierte dringliche Klimaschutzprogramme, welche bis 2020/2030 einen entscheidenden Rückgang der CO₂-Emissionen sowie der übrigen Treibhausgase erreichen, sind zu wirtschaftlich vertretbaren Kosten realisierbar. Die von heute bis 2020/2025 realisierten Emissionsreduktionen werden sich frühestens 2030, eher erst 2040/50, spürbar auf das Weltklima auswirken. Auch Politikmassnahmen werden erst ca. 2050 Auswirkungen zeigen. Zudem liegt dieser Zeitrahmen auch noch innerhalb der Lebensspanne der Kinder und EnkelInnen der heute aktiven Generation (vgl. OCCC 2007).
- › **Kapitel 4** beschreibt die **ökonomischen Parameter und Annahmen** zur Analyse des wichtigen internationalen Haupteinflusskanals, der Handelsströme, und erarbeitet die **Szenarien** zur Abschätzung der Einflüsse des Klimawandels über die Handelsströme auf die Schweiz im Jahr 2050. Dabei liegt das Gewicht der quantitativen Analyse auf den Exporten. Die Importe werden qualitativ eingeschätzt:
 - › Die **Analyse der Handelsverflechtungen** der Schweiz mit der Welt zeigt auf, welche Gütergruppen und welche Handelspartner im Aussenhandel der Schweiz eine wichtige Rolle spielen. Um neben den direkten auch die indirekten Handelsverflechtungen über Drittländer einbeziehen zu können und die wirtschaftliche Aktivität in der Schweiz mit der Güternachfrage in anderen Ländern zu verknüpfen, wird das statische Mehr-Regionen-Input-Output-Modell MULTIREG eingesetzt.
 - › Da aus heutiger Sicht nur mit einem erheblichen Mass an Unsicherheiten abzuschätzen ist, wie sich die **Weltwirtschaft** in den nächsten knapp fünfzig Jahren bis 2050 verändern wird, werden für die quantitative Analyse **zwei Szenarien** eingesetzt:
 - › In **Szenario 1** wird hypothetisch unterstellt, dass der bis 2050 zu erwartende Klimawandel „unvermittelt“ auf die gegenwärtige Wirtschaftsstruktur (Daten 2001) trifft. Dies erlaubt eine erste Risikoabschätzung, ohne die Notwendigkeit, eine künftige Entwicklung (Wachstum und Strukturwandel) der Weltwirtschaft zu hinterlegen.

- › **Szenario 2** integriert die wichtigsten und heute absehbaren Trends der weltwirtschaftlichen Entwicklung in die erste Risikoabschätzung. Dabei unterstellen wir ein Wirtschaftswachstum je Weltregion und lassen Veränderungen in der Produktions- und Nachfragestruktur der einzelnen Regionen und in der Schweiz zu. Diese Struktur der Weltwirtschaft 2050 wird dann wieder der Wirkung der Klimaänderung ausgesetzt.

Teil II des Berichts widmet sich den Ergebnissen der Analysen, Experteninterviews und Szenarien und macht Schlussfolgerungen hinsichtlich der eingangs erwähnten vier Hauptfragestellungen dieser Studie:

- › **Kapitel 5** analysiert die **Auswirkungen des Klimawandels auf Haupteinflusskanäle je Weltregion** aufgrund einer ausgedehnten Literaturrecherche. Die Wirkungsmatrix im Annex A3 dieses Berichts komplementiert diese Analyse.
- › In **Kapitel 6** werden die **Ergebnisse der Szenarien** beschrieben und kommentiert. Der Vergleich der beiden Szenarien zeigt zum einen, wie bedeutend die Handelsströme als Einflusskanal für die Auswirkungen des Klimawandels auf die Schweiz in etwa absolut und im Vergleich zum nationalen Einfluss sind. Zudem zeigen die beiden Szenarien, ob die Wirtschaft heute oder in einer in Zukunft wahrscheinlichen Struktur anfälliger oder robuster auf die Klimawirkungen reagiert.
- › Die **Synthese** in **Kapitel 7** nimmt die eingangs erwähnten Hauptfragestellungen wieder auf und fasst die Ergebnisse aus eigenen Analysen, Experteninterviews und Literaturrecherchen zur Vulnerabilität der Schweiz mit Bezug auf die verschiedenen internationalen Einflusskanäle des Klimawandels und deren relative Bedeutung zusammen.

TEIL I: UNTERSUCHUNGSRAHMEN, PARAMETER UND SZENARIENBILDUNG

2. BESCHREIBUNG DER INTERNATIONALEN HAUPT-EINFLUSSKANÄLE

2.1. EINLEITUNG

In einem ersten Arbeitsschritt zu dieser Studie wurden anhand von Literatur und Datenanalysen die wichtigen internationalen Einflusskanäle des Klimawandels auf die Schweizer Volkswirtschaft untersucht. Die Verflechtung der Schweiz mit der übrigen Welt über die **Handelsströme** (Export und Import) wurde dabei als wichtiger internationaler Haupteinflusskanal des Klimawandels identifiziert. Weitere bedeutende Haupteinflusskanäle den Handelsströmen sind der **Devisen- und Kapitalmarkt, Arbeit und Migration, Technologie** oder die Verfügbarkeit **natürlicher Ressourcen**.

Während der Arbeit an dieser Studie fand am 17. April 2007 im UNO-Sicherheitsrat eine Debatte zur Auswirkung des Klimawandels auf den Frieden und die internationale Sicherheit statt. Im Zusammenhang mit dieser Debatte erschien eine Reihe von Untersuchungen (z.B. WBGU 2007). Im Rahmen der in dieser Studie vorgenommenen Abgrenzung von internationalen Haupteinflusskanälen wirken die politische Stabilität und die internationale Sicherheit in den betroffenen Regionen auf die Güternachfrage und die Handelsströme, die Devisen und Kapitalmärkte sowie auf Arbeit und Migration. Wir haben darauf verzichtet, einen eigenen Haupteinflusskanal „internationale Sicherheit“ auszuweisen, was bei anderer Fragestellung durchaus angezeigt sein könnte.

In dieser Studie werden die Handelsströme (Exporte) der Schweiz modelliert und zwei verschiedenen Szenarien ausgesetzt. Die anderen Haupteinflusskanäle werden qualitativ beschrieben und aus synoptischer Sicht dargestellt. Zu allen Haupteinflusskanälen wurden aufgrund von Literaturrecherchen verschiedene Thesen aufgestellt, welche mittels Experteninterviews überprüft wurden. Im Folgenden werden die Haupteinflusskanäle beschrieben sowie die entsprechenden Thesen aufgelistet.

2.2. HANDELSSTRÖME

In der heutigen arbeitsteiligen Wirtschaft ist die Schweiz in vielfältiger Weise mit anderen Ländern verbunden. Bezüglich der Handelsströme wurden die folgenden Thesen überprüft:

Thesen

1. Einflüsse des Klimawandels auf die Handelsströme wirken dämpfend auf die Schweizer Wirtschaft.
2. In Zukunft für die Schweizer Exporte wichtiger werdende Länder sind eher stärker vom Klimawandel betroffen.
3. Importe aus vom Klimawandel betroffenen Regionen werden zum Teil erheblich teurer, was die Schweizer Wirtschaft spürbar trifft.
4. Der Klimawandel und Anpassungsmassnahmen begünstigen einige wichtige Exportbereiche der Schweiz, insbes. den Gesundheitssektor/Pharmaindustrie.

Die Herstellung von Waren und – in geringerem Umfang – von Dienstleistungen findet zu einem grossen Anteil in grenzüberschreitenden Wertschöpfungsketten statt. Diese Produktionsweise schafft Abhängigkeiten, die bei der Analyse der volkswirtschaftlichen Auswirkungen des Klimawandels mit einbezogen werden. Für die Zukunft ist im Zuge der zu erwartenden Globalisierung sowohl mit einer weiteren Verstärkung der internationalen Wirtschaftsverflechtungen als auch mit einer Verlagerung der regionalen Schwerpunkte des Welthandels zu rechnen.

Bei den Importen in die Schweiz verändern sich die Handelsströme gemäss den direkten Auswirkungen des Klimawandels auf die Schweizer Volkswirtschaft (Änderung der Einkommen) sowie den klimabedingten Produktionsveränderungen im Ausland. In Sektoren, die stark anfällig für Klimaänderungen sind, geht die Produktion in den Weltregionen absolut zurück oder verschiebt sich zwischen den Weltregionen. So wird z.B. die landwirtschaftliche Produktion in einigen Weltregionen stark zurückgehen, während sie in anderen Regionen (insbesondere in Osteuropa und Russland) begünstigt wird. Ähnliche Veränderungen betreffen die Bereitstellung von Energieressourcen und die Elektrizitätsversorgung. Zudem wird die Nachfrage der Schweizer nach Auslandsreisen, die bei den Handelsströmen als Import von Dienstleistungen verbucht werden, angesichts der Auswirkungen des Klimawandels zurückgehen. Dies betrifft insbesondere „exotische“ Reiseziele in tropischen und subtropischen Ländern, da gerade diese verhältnismässig stark vom Klimawandel betroffen sein werden.

Die Exportstruktur wird insbesondere durch die Veränderung der Kaufkraft in den Weltregionen beeinflusst. Der Klimawandel verringert das Wirtschaftswachstum in den Weltregionen, so dass dementsprechend die Endnachfrage geringer ausfällt als im Basisszenario ohne Klimawandel (Mengeneffekt). Zudem führt der Klimawandel zu einer veränderten Nachfragestruktur, insbesondere bei den Investitionen (Struktureffekt). Durch Klimaschäden bedingte Anpass-

sungsmassnahmen ziehen notwendige Investitionen nach sich, v.a. zusätzliche bauliche Massnahmen, die Investitionen in anderen Bereichen verdrängen.

Die Wirkungen über die Handelsströme zeigen in beiden Szenarien grundsätzlich in die gleiche Richtung. Im ersten Szenario, bei dem der Klimawandel die Welt in ihrer heutigen Struktur trifft, sind die Auswirkungen vermutlich deutlich geringer, da diejenigen Weltregionen, die besonders stark vom Klimawandel betroffen sein werden, eher weniger bedeutend für die Schweizer Handelsströme sind. Im zweiten Szenario können sich die Wirtschafts- und Gesellschaftssysteme grundsätzlich über eine längere Zeit an den Klimawandel anpassen. Bis dahin werden jedoch die vom Klimawandel stärker betroffenen Regionen als Aussenhandelspartner (v.a. Exportdestinationen für Schweizer Güter) eine spürbar wichtigere Rolle spielen als heute. Länder wie China, Indien aber auch Brasilien und Russland, in denen die Wirtschaftsdynamik hoch ist und ein überproportionales Wirtschaftswachstum erwartet wird, werden einen entsprechend grösseren Teil am Handelsvolumen der Schweiz im Jahre 2050 ausmachen. Demzufolge fällt die Betroffenheit der Schweiz in Bezug auf den internationalen Einfluss der Exporte/Importe im Szenario 2 vermutlich stärker negativ aus als in Szenario 1.

2.3. ANDERE HAUPTINFLUSSKANÄLE

2.3.1. DEISEN- UND KAPITALMARKT

Die Auswirkungen des globalen Klimawandels können erhebliche Folgen für die Devisen- und Kapitalmärkte haben. Dazu wurden die folgenden Thesen verfasst:

Thesen

1. Kapitalmärkte werden durch eine ganze Reihe anderer Faktoren beeinflusst, gegenüber denen der Klimawandel kurz- und mittelfristig nur eine untergeordnete Rolle spielt. Auf lange Sicht (2050/2100) kann der Klimawandel zu einer bedeutenden Einflussgrösse für die Kapitalmärkte werden.
2. Investitionen in Anpassungsmassnahmen (unproduktive Investitionen) werden „konventionelle“/produktive Investitionen verdrängen und somit das Wachstum des Kapitalstocks bremsen
3. Da Investitionen in nötige Anpassungsmassnahmen eine geringere Rendite erwarten lassen als andere Investitionen, werden die Zinsen rel. ansteigen.
4. Die Bereitschaft von Privaten, Investitionen für Schadensbehebungen und Anpassungsmassnahmen zu finanzieren, ist eher gering. Der Staat muss öfter als Finanzierer einspringen.
5. Länder und Regionen, deren Ökonomien vergleichsweise wenig vom Klimawandel tangiert sind, werden für Anlagen relativ attraktiver/sicherer mit entsprechenden Folgen auch auf dem Devisenmarkt mit einer erstarkenden Währung dieser Länder/Regionen.

Bei den Wirkungsmechanismen ist nach den beiden betrachteten Szenarien zu unterscheiden. Im Fall, dass der Klimawandel die Welt in der heutigen Wirtschaftsstruktur trifft, sind nur kurzfris-

tige Anpassungsmassnahmen möglich, welche insbesondere die Kapitalmärkte beeinflussen werden.

Die vorhergesagten Auswirkungen des Klimawandels hätten ohne die Möglichkeit der Anpassung im Jahr 2050 Schäden an Infrastruktur, Produktionsstätten, Maschinen etc. zur Folge, welche kurzfristig behoben werden müssten. In Regionen mit hoher Klimarisikoexposition würde dann eine hohe Kapitalnachfrage entstehen, um die notwendigen Investitionen tätigen zu können. Die erhöhte Nachfrage nach Kapital führt zu einem Anstieg des Zinsniveaus, was sich wiederum bremsend auf das Wirtschaftswachstum auswirkt und damit die Effekte auf die Handelsströme verstärkt.

Gleichzeitig mit den Veränderungen der Kapitalnachfrage in den Weltregionen und dem damit verbundenen Anstieg der Zinsen können auch erhebliche Bewertungsänderungen am Devisenmarkt auftreten. Zu vermuten ist, dass vom Klimawandel weniger betroffene Weltregionen auf Grund der veränderten Fundamentalfaktoren (u.a. tieferes Wachstumspotential, höhere Risiken) tendenziell eher stärkere Währungen aufweisen als vom Klimawandel stark betroffene Regionen.

Diese Entwicklungen sind im Szenario, in dem sich der Klimawandel 2050 auf die Welt in der zukünftigen Wirtschaftsstruktur auswirkt, grundsätzlich ähnlich. Ihre Auswirkungen sind jedoch geringer, da sich die Akteure und Strukturen graduell an die veränderten Rahmenbedingungen anpassen würden. Zudem wird der Devisenmarkt eine wichtigere Rolle spielen. Da besonders verwundbare Regionen für Investoren weniger attraktiv werden, wird auch deren Währung an Bedeutung verlieren. Industriestaaten mit vergleichsweise tieferer Klimarisikoexposition, wo frühzeitige Anpassungsmassnahmen wahrscheinlicher sind (Westeuropa, Japan), werden von ihrer Attraktivität relativ weniger einbüßen und ihre Währungen könnten sich zu „safe havens“ entwickeln. Diese Entwicklung auf den Devisenmärkten beeinflusst wiederum das Wirtschaftswachstum in den Weltregionen und somit die Handelsströme. Die Schweiz bzw. Europa könnten von den Kapitalmarktteilnehmern im Zuge des Klimawandels durchaus als relativ sicherere Gebiete eingeschätzt werden. Zu erwartende Wertzunahmen der lokalen Währungen würden auf deren Exporte in der Tendenz dämpfend wirken. Im Gegenzug würden sich die Importe vergünstigen. In der Schweiz dürfte der Nettoeffekt der beiden Entwicklungen eher wachstumsdämpfend sein, da die Schweiz Nettoexporteurin ist und wahrscheinlich auch bis 2050 bleiben wird.

2.3.2. ARBEIT UND MIGRATION

Der Druck auf den Faktor Arbeit wird durch klimabedingte Migrationsbewegungen verstärkt. Bezüglich der Auswirkungen der klimabedingten Migration auf die Schweiz wurden die folgenden Thesen untersucht.

Thesen

1. Die Wirkungszusammenhänge zwischen Migration in die Schweiz und dem Klimawandel sind noch wenig verstanden. Der Einfluss der Migration- und Asylpolitik und von internationalen Über-einkommen zur Bewältigung von Migrationsströmen sowie ihre praktische Umsetzung sind von grösserer Bedeutung.
2. Migrationsdruck auf die Schweiz entsteht durch die globalen Migrationsströme einerseits via Südeuropa insbesondere aus Nord- und Westafrika, andererseits via die Ostgrenze der EU.

Der Anstieg der Temperatur kann sich auf die Arbeitsproduktivität auswirken. Während eine Zunahme der Durchschnittstemperatur im Winterhalbjahr die Produktivität z.B. im Baugewerbe verbessert, bewirkt diese während der Sommermonate das Gegenteil in fast allen Sektoren. Dadurch verteuert sich in den Industriestaaten der Faktor Arbeit, woraus zusätzliche Anreize zur Verlagerung von arbeitsintensiven Tätigkeiten in Niedriglohnländer entstehen. Das Phänomen der „Sans-Papier“ zeigt, dass Anreize zur illegalen Immigration bestehen, welche von der Asylpolitik nicht erfasst werden.

Der Anstieg des Meeresspiegels, die Änderungen der regionalen Klimabedingungen sowie die Verschiebung von Vegetationszonen können die wirtschaftlichen Grundlagen ganzer Regionen beeinträchtigen und neue Migrationsströme auslösen, die die bisherigen Migrationsbewegungen weit übersteigen. So liegen z.B. 30 der 50 grössten Städte der Welt am Meer. In Indien beispielsweise würde ein Meeresspiegelanstieg von einem Meter die Lebensgrundlage von sieben Millionen Menschen gefährden (vgl. Biermann 2001, S. 26). Das IPCC (2002 und 2007b) geht davon aus, dass die Anzahl der Klimaflüchtlinge stark steigen und alleine die Zahl an Migranten aus Bangladesh, China, Indien, Ägypten sowie kleinen Inselstaaten bis 2050 mehrere 10 Millionen erreichen könnte.

Daraus sind nur schwer direkte Aussagen zu der Relevanz für die Schweiz zu machen, da ein Grossteil der Migration vorerst innerhalb der betroffenen Weltregionen stattfinden wird. Klimaflüchtlinge werden wahrscheinlich nicht direkt in die Schweiz emigrieren, sondern in ein anderes Land und höchstens von dort aus weiter in die Schweiz. Untersuchungen zeigen aber auch, dass die Einwanderung aus Nordafrika nach Europa keineswegs mehr nur aus Personen mit afrikanischem Migrationshintergrund besteht. Grundsätzlich ist der Anteil der Klimaflüchtlinge an den gesamten Migrationsbewegungen schwer abschätzbar, da viele für den Klimawan-

del besonders anfällige Regionen gleichzeitig von politischer und wirtschaftlicher Instabilität gekennzeichnet sind (vgl. Biermann 2001, S. 24).

2.3.3. TECHNOLOGIE

Die technologische Entwicklung spielt sowohl bei der Anpassung an den Klimawandel als auch bei Vermeidungsmassnahmen eine entscheidende Rolle. Die folgenden Thesen wurden der Analyse unterstellt.

Thesen

1. Es wird ein Entwicklungsszenario unterstellt, in dem neue und effizientere Technologien zur Verfügung stehen.
2. Die Möglichkeit der technologischen Anpassung verringert die Auswirkungen des Klimawandels auf Sektoren und Gesellschaft.
3. Die Wirkungen auf die Schweizer Volkswirtschaft sind im Szenario mit Anpassungsmöglichkeiten geringer als in einem Szenario, in dem der Klimawandel die Welt in der heutigen Struktur trifft.
4. Während die Anpassung an physikalische Auswirkungen des Klimawandels (Temperatur, Niederschläge, Meeresspiegel) abschätzbar und Technologien verfügbar sind, kann es im Bereich der biologischen Auswirkungen zu diskontinuierlichen Änderungen kommen. Die entsprechenden technologischen Herausforderungen brauchen vermutlich ein verbessertes Systemverständnis, wodurch der Zeitfaktor kritisch werden könnte.

Da bereits heute einige Auswirkungen mit hoher Wahrscheinlichkeit vorhergesagt sind, können sich Wirtschaft und Gesellschaft in ihrem Verhalten und ihren Funktionsprozessen anpassen, so dass sie, gesetzt der Fall, die Anpassungen erfolgen, die Auswirkungen des Klimawandels nur in abgeschwächter Form zu spüren bekommen würden.

Im Hinblick auf die internationalen Einflusskanäle ist zu analysieren, wie sich die Produktionsverhältnisse in den betrachteten Weltregionen bei technologischen Anpassungsmassnahmen entwickeln. So kann es in der Landwirtschaft der stärkere Einsatz von Bewässerungstechniken erlauben, bestehende Strukturen weitgehend beizubehalten (vgl. Arnell 2006, S. 14).

Im Bereich der Energieversorgung wird die Bedeutung der erneuerbaren Energien weiter zunehmen. Je nach Klimaveränderung können Sonnenscheindauer, Windverhältnisse und Bodenproduktivität als Energiequellen effektiv genutzt werden. Weitere technologische Verbesserungen werden nötig sein, um den Einsatz von Solarkraft, (Offshore)-Windkraft oder Bioenergie sowie in der Geothermie oder bei Wellen- und Gezeitenkraftwerken effizienter zu gestalten.

Um die Auswirkungen des Klimawandels auf die menschliche Gesundheit zu reduzieren, sind technologische Entwicklungen rund um die Wasserversorgung notwendig (effiziente Wassernutzung, Entsalzungsanlagen, Abwassersysteme etc.). Zum Schutz vor zunehmenden Extremereignissen wie Überschwemmungen, Sturmfluten, Hurrikanen oder Tornados sind Früh-

warnsysteme zu entwickeln bzw. bestehende Techniken zu verbessern (vgl. Arnell 2006, S. 26 und IPCC 2007b, Ch. 14, S. 47).

Neben dem Einfluss des Klimawandels auf die Produktionsbedingungen und -kosten haben Technologieentwicklungen eine direkte Bedeutung für die Handelsströme. In Regionen, die notwendige Technologien nicht selbst produzieren, wird eine Nachfrage nach ausländischen Produkten entstehen. Der Technologietransfer in Entwicklungsländer wird für die Finanzierung und Durchführung von Anpassungsmassnahmen von steigender Bedeutung sein.

Nicht zuletzt ist die technologische Entwicklung bei der Vermeidung von klimawirksamen Emissionen relevant. Je nachdem, welcher Reduktionspfad für die Zeit nach dem Ende der ersten Kyoto-Verpflichtungsperiode 2008–2012 gewählt wird, sind technologische Neuerungen verstärkt notwendig (z.B. CO₂-ärmere Fahrzeuge, CO₂-Sequestrierung bei Kohlekraftwerken etc.). Da dieser Aspekt jedoch nicht im Fokus dieser Studie liegt, wird er hier nicht weiter betrachtet.

2.3.4. VERFÜGBARKEIT NATÜRLICHER RESSOURCEN

Insbesondere über den Temperaturanstieg und die Veränderung von Niederschlägen beeinflusst der Klimawandel die natürlichen Ressourcen. Die folgenden Thesen wurden überprüft.

Thesen

1. Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserressourcen sind regional sehr unterschiedlich. Auch in der Schweiz wird die Verfügbarkeit von Wasser aufgrund schmelzender Gletscher sinken. Die Wasserversorgung wird aber mit einem optimierten Wassermanagement gesichert sein.
2. Ein stetiger Preisanstieg des Erdöls leitet den Übergang in eine weniger erdölabhängige Wirtschaft ein.
3. Auswirkungen des Klimawandels auf andere natürliche Ressourcen/Rohstoffe sind für die Schweiz nicht relevant.

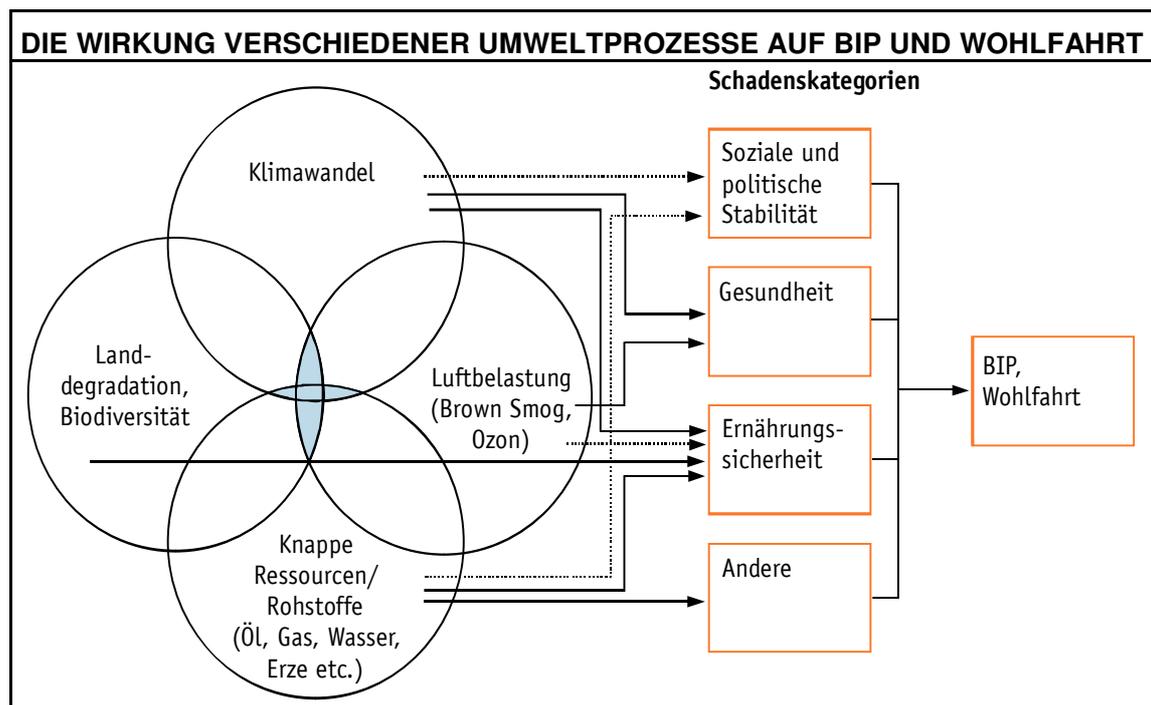
Von besonderer Bedeutung sind die Wasserressourcen, bei denen die Auswirkungen jedoch regional sehr unterschiedlich sein können. Zu den wichtigsten Problemen gehören Reduzierung der Wasserverfügbarkeit und Verschärfung von Wasserknappheit, Zunahme von Extremereignissen (Dürren und Hochwasser), erhöhte Niederschlagsmenge und/oder -häufigkeit, und Verschlechterung der Wasserqualität (z.B. aufgrund von Trockenheit oder durch Versalzung in Küstenregionen).

2.3.5. ANDERE

Thesen

1. Die Auswirkungen des Klimawandels überlappen und wirken zusammen mit Auswirkungen anderer globaler Prozesse wie Landdegradation, Biodiversität, Luftverschmutzung etc. Diese sind oft nicht zu trennen.
2. Der Klimawandel bedroht die internationale Stabilität und Sicherheit durch eine Verstärkung der negativen Auswirkungen anderer globaler Prozesse.

Andere globale Umweltprozesse können die sozioökonomischen Auswirkungen des Klimawandels verstärken und somit auf die verschiedenen Schadenskategorien und die Wohlfahrt wirken (Figur 3). Die Gesamtheit der „Global-Change-Prozesse“ lässt sich in einem Modell nicht erfassen. Diese methodischen Schwierigkeiten sind bei der Interpretation von Modellergebnissen zu berücksichtigen.

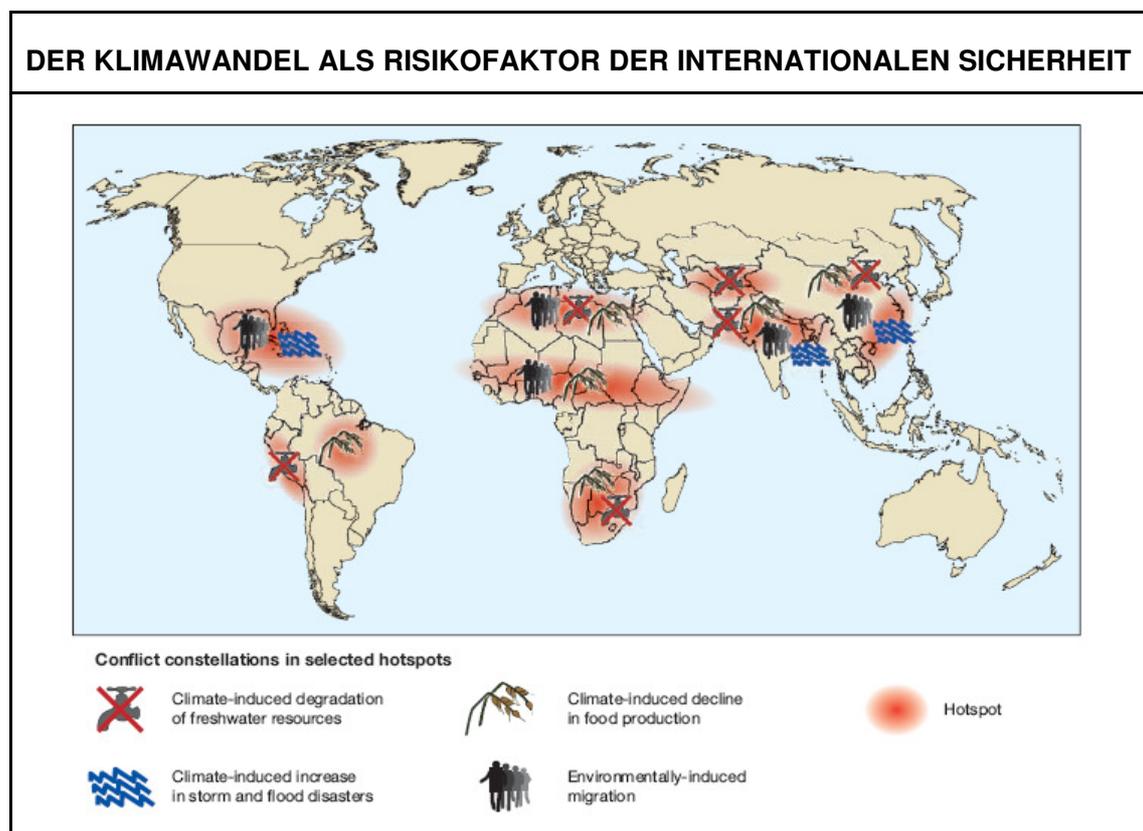


Figur 3 Klimawandel ist nur einer unter anderen Umweltfaktoren, die auf Schadenskategorien und somit auf BIP und Wohlfahrt wirken (eigene Darstellung).

Im Vorfeld des G8-Gipfels 2007 in Heiligendamm hat das wissenschaftliche Beratergremium der deutschen Bundesregierung das Gutachten „der Klimawandel bedroht die weltweite Stabilität und Sicherheit“ (WBGU 2007) publiziert. Es stützt sich methodisch auf eine ähnlich sektorübergreifende Querschnittsanalyse ab, wie in Figur 3 dargestellt. WBGU (2007) kommt in sei-

nem Gutachten zum Schluss, dass der Klimawandel ohne entschiedenes Gegensteuern die Anpassungsfähigkeit vieler Gesellschaften überfordern wird. Dadurch kann es in einigen Weltregionen zu innerstaatlichen Zerfalls- und Destabilisierungsprozessen mit diffusen Konfliktstrukturen, zwischenstaatlichen Konflikten und einer Überforderung des internationalen Systems kommen. Die klassische Sicherheitspolitik kann diese neuen Bedrohungen der internationalen Stabilität nicht bewältigen. Die Klimapolitik und Anpassungsstrategien an den Klimawandel werden zu wesentlichen Elementen präventiver Sicherheitspolitik.

WBGU (2007) hat ausgewählte regionale Brennpunkte näher untersucht (Figur 4): Das südliche Afrika oder das Gangesdelta erscheinen in einer Mehrkriterienanalyse als besonders gefährdet.



Figur 4 Regionale Brennpunkte aus WBGU (2007): „Klimawandel bedroht weltweit Stabilität und Sicherheit“. Als Konfliktursachen wurden untersucht: Degradation von Süßwasserressourcen, abnehmende Ernährungssicherheit, klimainduziertes Überschwemmungsrisiko (Stürme, Starkniederschläge, Meeresspiegel) und Migration/Umweltflüchtlinge.

In diesen Regionen könnte der Klimawandel die wirtschaftlichen Potenziale weiter schwächen, die Bedingungen für menschliche Sicherheit verschlechtern und die Leistungsfähigkeit der Staa-

ten überfordern. Afrika ist im weltweiten Vergleich schon heute durch Destabilisierung und Gewalt am meisten gefährdet. Dort sind Millionen von Menschen in den regionalen Brennpunkten bereits auf der Flucht vor Bürgerkrieg und Verelendung. Der Klimawandel würde schwelende Konflikte weiter verstärken. Amazonien wird als Beispiel angeführt, wo ein Kollaps des Regenwalds unabsehbare wirtschaftliche und gesellschaftliche Folgen hätte. Neben Entwicklungsländern sind aber auch wirtschaftlich aufstrebende Regionen wie etwa die Ostküste Chinas gefährdet: Hier sind dicht besiedelte Großstädte und industrielle Ballungszentren wachsenden Sturm- und Flutrisiken ausgesetzt, mit erheblichen ökonomischen und sozialen Folgen. Gesamthaft können durch diese Risiken die Wachstumsperspektiven bis 2050 in allen G5-Ländern (China, Indien, Brasilien, Südafrika, Mexiko) beeinträchtigt werden. Zu ähnlichen Schlussfolgerungen kommt eine im Auftrag des dänischen Außenministeriums durchgeführte Untersuchung (IISD 2007).

2.4. FAZIT

In der Gesamtbetrachtung der internationalen Einflusskanäle wird deutlich, dass die Auswirkungen über die Handelsströme sowie über die anderen Haupteinflusskanäle nur schwer isoliert voneinander zu betrachten sind. Vielmehr haben die verschiedenen Einflusskanäle erhebliche Wechselwirkungen untereinander und verstärken sich teilweise gegenseitig. Es bestehen erhebliche Risiken für die Wachstumspole in den Schwellenländern. So ist z.B. die Entwicklung auf den Arbeits- und Kapitalmarkt sowie auf die Devisenmärkte nicht vollständig von den Handelsströmen zu isolieren, da Veränderungen in der Verfügbarkeit von Arbeit und Kapital die Produktionsbedingungen beeinflussen. Ähnliches gilt für die technologische Entwicklung, die im Hinblick auf die Anpassungsfähigkeit von Wirtschaft und Gesellschaft an den Klimawandel eine zentrale Rolle spielt. Die Wahrnehmung, dass der Klimawandel die weltweite Sicherheit und Stabilität bedroht, gewinnt in der internationalen Diskussion an Bedeutung.

3. KLIMAPARAMETER ALS GRUNDLAGE FÜR DIE ANALYSE

3.1. BEGRIFFE, ÜBERSICHT

Tabelle 1 zeigt die verschiedenen klimabezogenen Parameter für die Definition des Untersuchungsrahmens für die Analyse der internationalen Einflussfaktoren des Klimawandels auf. Hintergrund dieser Klimaparameter bilden Studien und Berichte, insbesondere von IPCC und anderen anerkannten Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen. Ausgewählte Parameter werden bezüglich ihrer Relevanz für die vorliegende Analyse in den folgenden Kapiteln dieses Kapitels noch genauer erläutert.

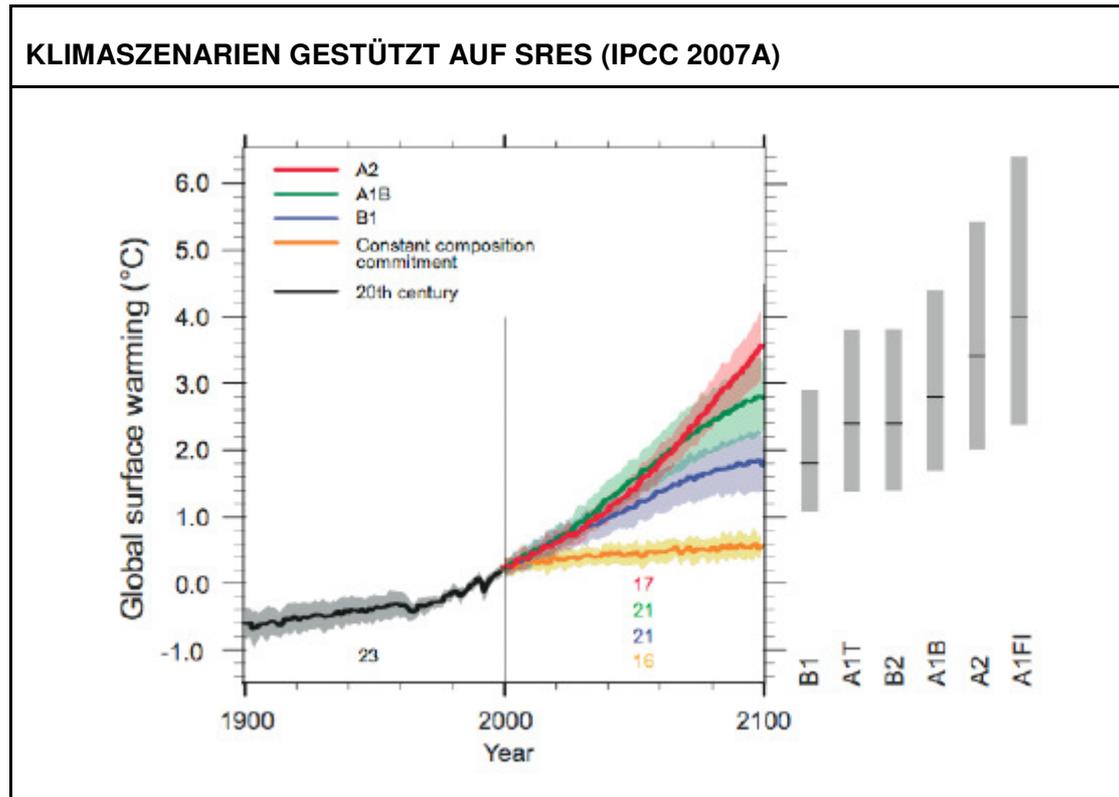
PARAMETER ZUR DEFINITION DES UNTERSUCHUNGSRAHMENS	
Parameter	Quelle, Referenz
Globale Klima- und Emissionsszenarien aufgrund Klimaparameter: Temperatur, Niederschlag, Schnee- und Eisdecke, Meeresspiegel, Treibhausgasemissionen und -konzentrationen in der Atmosphäre	6 globale Emissionsszenarien-Gruppen auf Basis des SRES (2000), GCM Klimamodelle gemäss TAR IPCC 2001, 4AR IPCC 2007a, Stern 2006
Extremereignisse Überschwemmungen, Dürren, Hitzetage, Stürme etc.	Gestützt auf Klimaszenarien, regionale Studien, Hochrechnung empirischer Schadensdaten etc.
Kippeffekte/surprises (wahrscheinlicher bei Temperaturanstieg > 2°C gegenüber 2000) Verhalten des arktischen Klimas, deutliche Abschwächung der thermohalinen Zirkulation im Nordatlantik (Golfstrom), Abschmelzen des arktischen Eises oder des westatlantischen antarktischen Schelfeises, rascher Anstieg Meeresspiegel (>0.5m), beschleunigter Klimawandel trotz abflachendem Emissionsverlauf, („positive carbon cycle feedback“) etc.	Kippeffekte, wie von Stern 2006 in die Abschätzungen einbezogen, werden nur in Form von Sensitivitätsanalysen mitberücksichtigt. Laut IPCC (2007a) sind diese Entwicklungen nach heutigem Stand des Wissens bis 2050 „most unlikely“. Laut WBGU (2006) ist Meeresspiegel +4–7m auf lange Sicht (>2200) aber wahrscheinlich
Physische Auswirkungen (auf biophysische Systeme) Wirkungen auf Hydrologie, Kryosphäre, Böden, Vegetation, Geologie etc	Über regionale Auswirkungsszenarien der Klimaparameter, Sektormodell Küsten, run-off, LW gestützt auf downscaling GCM.

Tabelle 1 Festlegung der Parameter des Untersuchungsrahmens.

3.2. GLOBALE KLIMASZENARIEN

Die IPCC Working Group 1 hat im Februar 2007 das “Summary for Policy Makers” des 4. Wissensstandsberichts zu den wissenschaftlichen Grundlagen der Klimaänderungen präsentiert (IPCC 2007a). Gestützt auf ein breites Spektrum untersuchter Klimamodelle muss für das 21.

Jahrhundert (2090–2099 im Vergleich zu 1980–1999) von einem beschleunigten Anstieg der mittleren globalen bodennahen **Temperatur** von 1.8 bis 4°C („best estimate“) ausgegangen werden (Figur 5).



Figur 5 Globale durchschnittliche Erwärmung der Oberflächentemperatur (relativ zur Periode 1980–99) für die Szenarien A2, A1B und B1. Die unterste, orange Linie steht für eine Simulation, bei der die CO₂-Konzentration konstant auf den Wert des Jahres 2000 gehalten wird. (IPCC 2007a). Die Emissionen gemäss B1 Szenario entsprechen 2100 einem radiative forcing von 600ppme. Stern (2006) und IPCC (2007c) empfehlen weltweit alle kostengünstigen Massnahmen zur Emissionsminderungen zu ergreifen und die atmosphärische Konzentration unter 535 ppm CO₂ zu stabilisieren. Dies, wie das Szenario B1, lässt sich aus heutiger Sicht nur mit einer massiv verstärkten Klimapolitik erreichen. Bei den mittleren „BAU-Szenarien“ B2 und A1B werden bis 2100 800 resp. 850 ppm CO₂e erreicht.

Die Bandbreite des Temperaturanstiegs bewegt sich für den besten Fall aber von 1.1 bis zum ungünstigsten Fall von gar 6.4°C (A1FI). Die **Meeresspiegel** werden bis ins Jahr 2100 um 18 bis 59cm steigen (Figur 6), ohne Berücksichtigung von allfälligen dynamischen Veränderungen der arktischen und westantarktischen Eisschilder (siehe dazu auch Kapitel 3.4).

PROGNOSEN FÜR ÄNDERUNGEN VON TEMPERATUR UND MEERESSPIEGEL			
Case	Temperature Change (°C at 2090-2099 relative to 1980-1999) ^a		Sea Level Rise (m at 2090-2099 relative to 1980-1999)
	Best estimate	Likely range	Model-based range excluding future rapid dynamical changes in ice flow
Constant Year 2000 concentrations ^c	0.6	0.3 – 0.9	NA
B1 scenario	1.8	1.1 – 2.9	0.18 – 0.38
A1T scenario	2.4	1.4 – 3.8	0.20 – 0.45
B2 scenario	2.4	1.4 – 3.8	0.20 – 0.43
A1B scenario	2.8	1.7 – 4.4	0.21 – 0.48
A2 scenario	3.4	2.0 – 5.4	0.23 – 0.51
A1FI scenario	4.0	2.4 – 6.4	0.26 – 0.59

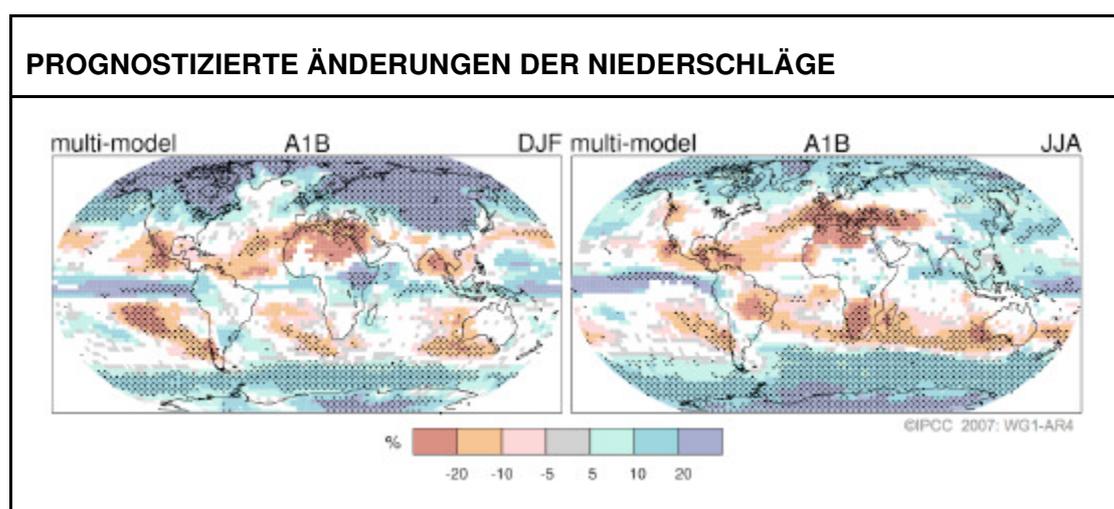
Notes:

^a These estimates are assessed from a hierarchy of models that encompass a simple climate model, several EMICs, and a large number of AOGCMs.

^c Year 2000 constant composition is derived from AOGCMs only

Figur 6 Prognostizierte globale durchschnittliche Oberflächentemperatur und Anstieg des Meeresspiegels am Ende des 21. Jahrhunderts für die verschiedenen Szenarien von IPCC/SRES (IPCC 2007a).

Höhere **Niederschläge** werden insbesondere in den hohen Breiten erwartet, während es in den subtropischen Gebieten von Nord- und Südamerika, Afrika, dem Mittelmeerbecken und in Westasien vermehrt zu Niederschlagseinbussen kommen wird (Figur 7). Im Monsunklima Asiens unterscheiden sich die Trends im Sommer vom Winterhalbjahr.



Figur 7 Relative Änderungen der Niederschläge im Dezember–Januar (links) und Juni–August (rechts) für das Ende des 21. Jahrhunderts (IPCC 2007a).

Die **Schnee- und Eisdecke** wird laut IPCC (2007a) weltweit weiter schrumpfen und der Permafrost wird sich zurückziehen. Das **Treibeis** wird sowohl in der Arktis wie auch in der Antarktis zurückgehen. In einigen Szenarien wird gegen Ende des 21. Jahrhunderts das arktische Eis im Spätsommer beinahe gänzlich schmelzen.

Mit dem 4. Wissensstandsbericht des IPCC (2007a) hat sich die Unsicherheit bezüglich des Zusammenhangs zwischen den physischen Parametern Treibhausgaskonzentration und Temperaturänderung verringert. Die Bandbreite der erwarteten Veränderungen der mittleren globalen Temperatur („best estimate“) ist kleiner geworden, Erheblich sind die Unsicherheiten nach wie vor bei der „climate sensitivity“ (mit welcher Wahrscheinlichkeit liegt bei einer Treibhausgaskonzentration die Temperaturänderung über 2 Grad?) sowie beim Meeresspiegelanstieg. Gemäss IPCC Working Group II report (IPCC 2007b) zeigt sich bereits heute, dass viele Ökosysteme von der Klimaänderung betroffen sind. Es ist sehr wahrscheinlich, dass in vielen terrestrischen wie marinen biologischen Systeme Arten als Folge der Temperaturänderung verschwinden oder schon verschwunden sind.

3.3. EXTREMEREIGNISSE

IPCC (2007a) beschreibt die Wahrscheinlichkeit von zukünftigen Extremereignissen auch im 4. Wissensstandsbericht nur qualitativ (Tabelle 2). OcCC/ProClim- (2007) geht davon aus, dass die Wahrscheinlichkeit von Extremereignissen als Folge der Klimaänderung zunimmt. Dieser Trend hin zu einer Häufung von Extremereignissen ist nach Brázdil et al. (2005) und Hsü (2000) auch für die Phase der Abkühlung des Klimas in Europa um 1 Grad während der historischen Periode der „kleinen Eiszeit“ belegt⁴.

Extremereignisse in verschiedenen Weltregionen sind durch deren indirekten Auswirkungen auf die Schweiz via Migrationsdruck, Unterbrechung von Handelsrouten und Rohstoffzufuhr, Auswirkungen auf die Finanzmärkte etc. von Interesse und werden in der qualitativen Interpretation der Modellrechnungen berücksichtigt.

4 Häufigkeit des Zufrierens von Mittellandseen in der Schweiz, der Binnengewässer Hollands, der Ostsee und der Adria

BEOBACHTETE TRENDS UND PROGNOSEN FÜR EXTREMEREIGNISSE		
Phänomen und Trend	Wahrscheinlichkeit für beobachteten Trend Ende des 20. Jahrhunderts	Wahrscheinlichkeit für zukünftige Trends basierend auf Szenarien für das 21. Jahrhundert
Wärmere und weniger kalte Tage und Nächte über fast allen Landflächen	Sehr wahrscheinlich	Nahezu sicher
Wärmere und mehr heisse Tage und Nächte über fast allen Landflächen	Sehr wahrscheinlich	Nahezu sicher
Öfters Wärmeperioden und Hitzewellen über fast allen Landflächen	Wahrscheinlich	Sehr wahrscheinlich
Zunahme der Häufigkeit starker Regenfälle über fast allen Landflächen	Wahrscheinlich	Sehr wahrscheinlich
Anstieg der von Dürre betroffenen Fläche	Wahrscheinlich in vielen Regionen seit den 70er Jahren	Wahrscheinlich
Intensive Aktivität von tropischen Zyklonen nimmt zu	Wahrscheinlich in einigen Regionen seit den 70er Jahren	Wahrscheinlich
Vermehrtes Auftreten von extremen Hochsee-Ereignissen (ohne Tsunamis)	Wahrscheinlich	Wahrscheinlich

Tabelle 2 Eintretenswahrscheinlichkeit von Änderungen verschiedener Klimaparameter gemäss (IPCC 2007a).

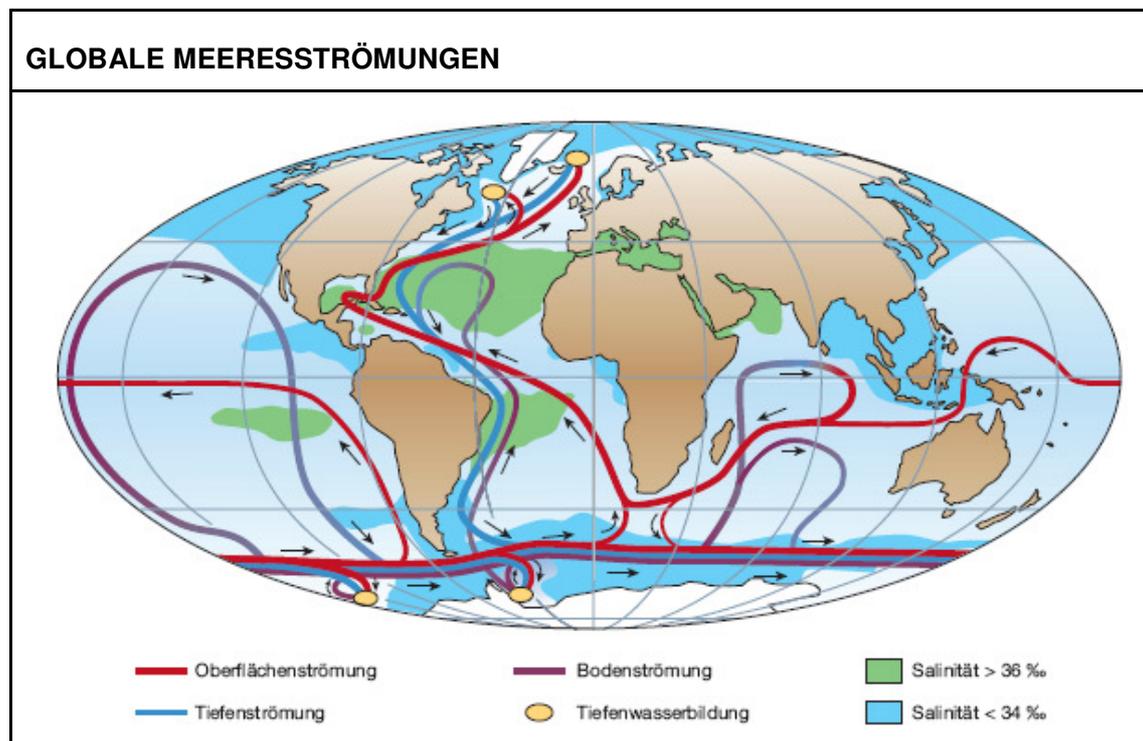
3.4. KIPPEFFEKTE, NICHTLINEARE EFFEKTE UND IRREVERSIBILITÄTEN

Die potentiellen Mechanismen eines nichtlinearen oder abrupten Klimawandels wurden in den letzten Jahren verstärkt analysiert, um Aussagen über die Wahrscheinlichkeit solcher Ereignisse in der Zukunft zu gewinnen. Es werden im Wesentlichen die folgenden Varianten des abrupten Klimawandels dargestellt (vgl. u.a. Arnell et al. 2005):

Abschwächung oder Abreissen des Nordatlantikstroms

Nach heutigem Stand der Wissenschaft deutet nichts auf eine kurz bevorstehende Strömungsänderung hin (Figur 8). Bei einer starken Klimaänderung könnte dies laut WGBU (2006) jedoch ab 2050 zu einer Gefahr werden und die Temperaturverteilung über dem ganzen Atlantikraum stark verändern. Regional könnte es zu einer Abkühlung unter heutige Temperaturen mit einer dafür umso stärkeren Erwärmung der Südhalbkugel kommen. Der Meeresspiegel im Nordatlantik würde ohne Verzögerung um 1 Meter steigen, dafür auf der Südhalbkugel etwas sinken. Auch

die tropischen Niederschlagsgürtel würden sich verschieben, da der so genannte thermische Äquator nach Süden wandern würde.



Figur 8 Gezeigt wird vor allem die durch Temperatur- und Salzgehaltsunterschiede ausgelöste thermohaline Zirkulation. Normalerweise sinken riesige Wassermassen im europäischen Nordmeer und in der Labradorsee in die Tiefe. Dieses Wasser strömt dann in 2–3 km Tiefe nach Süden bis ins Südpolarmeer. Zum Ausgleich strömt an der Oberfläche warmes Wasser von Süden her in die nördlichen Breiten. Dies führt zu einer grossräumigen Umwälzbewegung im Atlantik.

Das Risiko für den Teil- oder Totalausfall des Nordatlantikstromes wird von Experten sehr unterschiedlich eingeschätzt. Gestützt auf Modellanalysen schätz IPCC (2007b) die Wahrscheinlichkeit, dass der Nordatlantikstrom innerhalb des 21. Jahrhunderts eine abrupte Abschwächung erfahren könnte, als sehr unwahrscheinlich ein. Eine langsame Abschwächung dieser Meeresströmung wird für den gleichen Zeitraum aber als sehr wahrscheinlich eingestuft, wobei es über dem Atlantik und Europa trotzdem zu einer Erwärmung kommt. Ab einer globalen Erwärmung von mehr als 3 Grad (gegenüber 1990-2000) steigt für ein Drittel der im Rahmen einer Umfrage interviewten Experten⁵ das Risiko für einen Totalausfall des Nordatlantikstroms auf 50%.

⁵ 12 weltweit führende Experten auf diesem Gebiet wurden 2004 vom Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung und der amerikanischen Carnegie Mellow University dazu detailliert befragt.

Noch wenig verstanden sind zudem die Ursachen der Klimaänderung, welche in der Literatur für Europa und China als „kleine Eiszeit“ (z.B. Brázdil et al. (2005) und Hsü (2000)) beschrieben werden⁶. Der Übergang von der mittelalterlichen Warmzeit zur kleinen Eiszeit erfolgte in Mitteleuropa zwischen 1280 und dem Beginn des 14. Jahrhunderts relativ abrupt. Dies belegt, dass das Klimasystem der Erde, zumindest regional, seinen Zustand innerhalb weniger Jahrzehnte ändern kann. Die letzte „kleine Eiszeit“ dauerte in Europa von 1300 bis 1850.

Abschmelzen des westatlantischen antarktischen Schelfeises

IPCC (2001) erwartete für die antarktische Eismasse noch kein Abschmelzen, sondern im Gegenteil ein leichter Zuwachs an Eis aufgrund erhöhter Schneefallmengen. Neuere Daten zeigen jedoch auch in der Antarktis einen Masseverlust und eine dynamische Reaktion des Eises, insbesondere des kleineren westantarktischen Eisschilds. Im Februar 2002 zerbarst das Jahrtausende alte Larsen-B-Eisschelf vor der antarktischen Halbinsel nach einer Erwärmung in dieser Region auf spektakuläre Weise. Dies hat zunächst keine Auswirkungen auf den Meeresspiegel, da Eisschelfe ohnehin auf dem Meer schwimmen und ihrer Masse entsprechend Wasser verdrängen. Offenbar hat es aber Auswirkungen auf das Kontinentaleis, dessen Abfluss sich hinter den Eisschelfen stark beschleunigt. Sollten sich Wassertemperaturen um die Antarktis erhöhen oder grössere Eisschelfe verschwinden, dann muss mit einem beschleunigten Abfliessen des westantarktischen Eisschilds gerechnet werden. Neuste Daten zeigen eine Abnahme der antarktischen Eismasse um 152 km² pro Jahr, was einem Meeresspiegelanstieg von 0.4 mm pro Jahr entspricht.

Die Eisschilde könnten also möglicherweise in einem Zeitraum von Jahrhunderten, und nicht Jahrtausenden wie noch IPCC (2001) prognostizierte, zerfallen. Heutige Modelle erlauben jedoch keine zuverlässigen Prognosen, was umso schwerer wiegt, weil der Zerfall der Eisschilde aufgrund positiver Rückkopplungsprozesse⁷ wahrscheinlich nur sehr schwer zu stoppen ist, wenn er in Gang gekommen ist (WGBU 2006, S. 35f).

Auch IPCC 2007a zeigt sich heute besorgter darüber, dass sich die Eismasse in der Antarktis insgesamt verringern könnte, falls ein beschleunigter Abfluss von Eisströmen die Massenbi-

6 1288: Bäume blühen an Weihnachten und die Menschen gehen an Weihnachten schwimmen; 1289 Erdbeerblüte am 14. Januar; 1315–1317: schwere Hungerjahre wegen schlechten Erntewetters (und 1315 Schlacht am Morgarten als erste Bewährungsprobe für das Urschweizer Bündnis von 1291; dem vorangegangen: Schwyzer plündern Kloster Einsiedeln; Hunger als Ursache nicht belegt, aber auch nicht ausgeschlossen); 1322 Ostsee und Adriatisches Meer frieren im Winter zu, was historisch belegt, dass 1 Grad minus (1960–1990) die Wahrscheinlichkeit extremer Ereignisse drastisch ansteigen lässt.

7 Solch positive Rückkopplungsprozesse können Schmelzung der Gletscherunterseite durch Schmelzwasser von der Oberfläche und die Reibungswärme aufgrund des schnelleren Fließens oder ein Abheben von Schelfeis von festen Auflagepunkten durch den Meeresspiegelanstieg sein.

lanz der Eisschilde dominiert.⁸ IPCC 2007b geht mit einer mittleren Wahrscheinlichkeit davon aus, dass bei einer weiteren Erwärmung von 1-4 Grad bis 2100 (gegenüber 1990-2000) zumindest Teile der Eisschilde von Grönland und der Westantarktis im Verlauf von Jahrhunderten bis Jahrtausenden abschmelzen dürften, was zu einem Meeresspiegelanstieg von 4-6 oder mehr Metern führt.

Abschmelzen der arktischen Eisdecke

Laut IPCC (2007a) wird das Abschmelzen der arktischen Eisdecke von Grönland auch nach 2100 zu einem Anstieg der **Meeresspiegel** beitragen. Bei einem globalen durchschnittlichen Temperaturanstieg von 1.9 bis 4.6°C wird die Massenbilanz der Eisdecke negativ. Hält dies über Jahrtausende an, so würde die Eisdecke komplett verschwinden und die Meeresspiegel um bis zu 7m steigen. Dies wäre dann zwar kein eigentlicher Kippeffekt, aber doch ein „Surprise“ und eine Irreversibilität.

Positive Rückkoppelung Kohlenstoffzyklus

Schnellhuber (2006) weist darauf hin, dass der in der Atmosphäre verbliebene Anteil der globalen Kohlenstoffemissionen langsam zunimmt. IPCC (2007a) weist darauf hin, dass mit der Temperaturerhöhung in der Arktis die Kohlenstoffemissionen aus Böden (in Form von CO₂ und Methan) zunehmen werden. Veränderungen in Temperatur und Niederschlagsgürteln und andere menschliche Einflüsse (land degradation) könnten sich zudem negativ auf den Bestand der Wälder in der äquatorialen Tiefdruckrinne (Amazonas, Kongobecken, Indonesien) auswirken. Damit würde einerseits zusätzlich Kohlenstoff in die Atmosphäre gelangen und andererseits das Strahlungsregime beeinflusst werden. WBGU (2006) weist darauf hin, dass die Versauerung der Meere sich auf die Aufnahmefähigkeit für Kohlenstoff negativ auswirkt. Gesamthaft können im Kohlenstoffzyklus bei Überschreiten kritischer Temperaturschwellen irreversible Veränderungen stattfinden.⁹

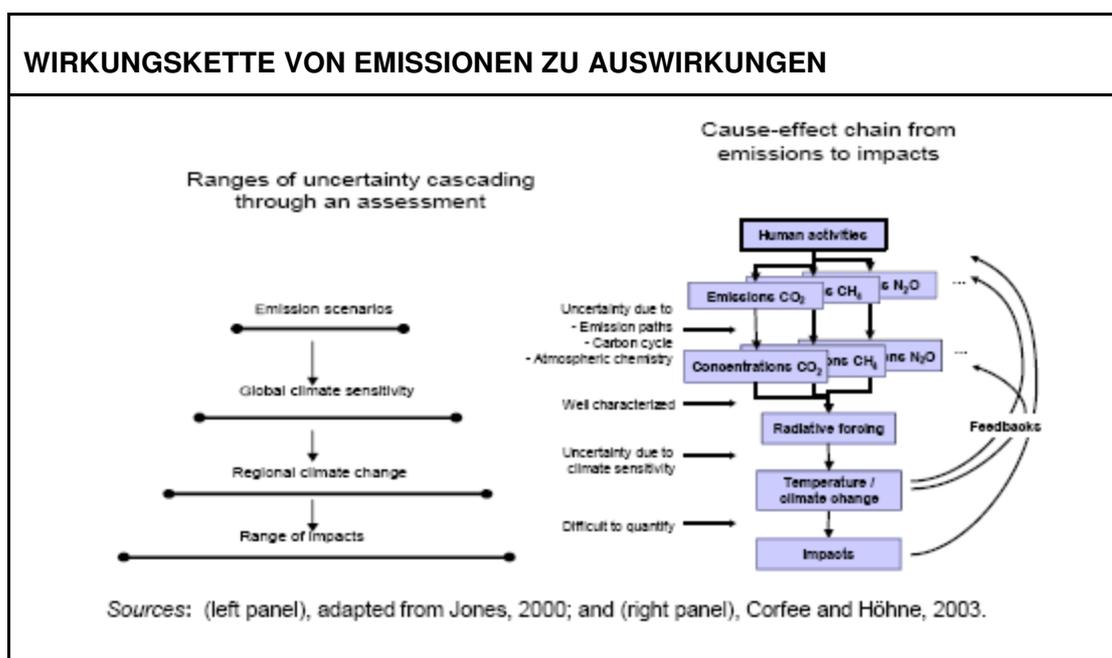
Nichtlineare Prozesse und abrupte Prozesse im Sinne von Grossschäden mit kleiner Wahrscheinlichkeit werden nicht in die Basisrechnung miteinbezogen. Relevanz und Gefahr aus volkswirtschaftlicher Sicht werden aber innerhalb von Sensitivitätsanalysen aufgezeigt.

8 IPCC 2007a, p13: „Dynamic processes related to ice flow not included in current models but suggested by recent observations could increase the vulnerability of the ice shields to warming, increase future sea level rise. Understanding of these processes is limited and there is no consensus on their magnitude“.

9 IPCC 2007a, p11: „Assessed upper ranges for temperature projections are larger than in TAR, mainly because the broader range of models now available suggest stinger climate-carbon cycle feedbacks“.

3.5. AUSWIRKUNGEN DES KLIMAWANDELS

Figur 9 definiert den Wirkungsmechanismus des Klimawandels (OECD 2004). Unter dem Begriff „regional climate change“ verstehen wir die Änderung der Klimaparameter, wie sie im downscaling Prozess aus globalen Zirkulationsmodellen abgeleitet werden. Unter „Impacts“ oder Auswirkungen des Klimawandels verstehen wir in erster Stufe die „physischen Auswirkungen“ (impacts on biophysical systems) auf Hydrologie, Kryosphäre, Böden, Vegetation, Geologie. In einer zweiten Stufe ergeben sich die sozioökonomischen Auswirkungen der physischen Klimawirkungen. Zur Abschätzung der sozioökonomischen Auswirkungen werden oft komplexe Modelle (IIASA, Stern 2006) verwendet, deren Innenleben im Einzelnen nur schwer nachvollziehbar ist.



Figur 9 OECD 2004 Morlot/Agarwala from emissions to impacts adapted from Jones 2000.

Die Abschätzung der regionalen Klimafolgen (Hadley Center) bildet die Grundlage für regionale oder sektorielle Vulnerabilitätsstudien mit indikativen Aussagen zu wirtschaftlichen Auswirkungen. Solche Studien sind nicht für alle wichtigen Handelspartner der Schweiz verfügbar. Der 4. Klimabericht von IPCC (2007b) bestätigt die Einschätzungen des 3. Berichts (IPCC 2001), dass die verschiedenen Weltregionen unterschiedlich vom Klimawandel betroffen sind. Mit hoher Wahrscheinlichkeit wird erwartet, dass in allen Regionen der Erde allfällige Klimagewinne ab einer Erwärmung von 2-3 Grad abnehmen resp. die Nettokosten deutlich zunehmen werden. Die Beobachtungen bestätigen im Trend die Schätzung aus dem 3. Klimabericht, welcher

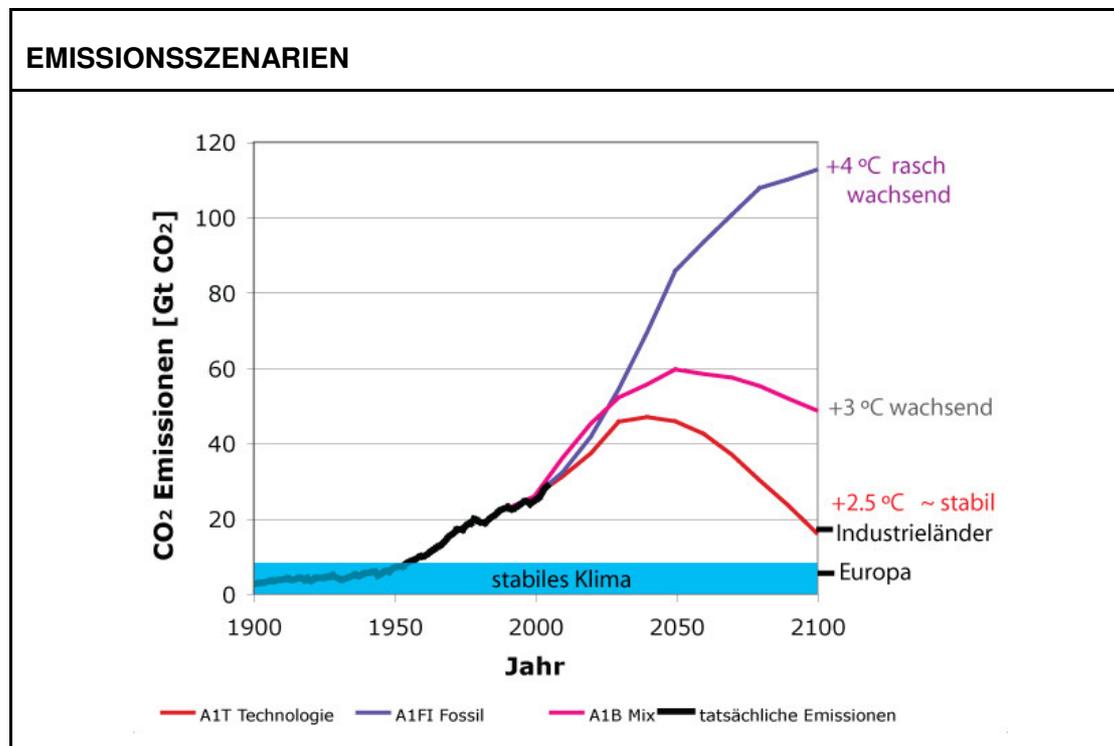
die Nettokosten bei einer Erwärmung von 4 Grad im globalen Mittel auf 1-5% des BIP beziffert, wobei die Entwicklungsländer deutlich grössere BIP-Einbussen erleiden dürften.

3.6. EMISSIONSREDUKTION UND KLIMASCHUTZ

Die neuere Literatur (Schnellhuber et al 2005, Stern 2006) schätzt die Risiken irreversibler Veränderungen von Klima und Ökosystemen bei einem Temperaturanstieg von mehr als 2 Grad gegenüber dem vorindustriellen Niveau als bedeutend höher ein als noch vor einigen Jahren und empfiehlt deshalb, die Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre auf einem Zielwert unterhalb von 500ppm CO₂ zu stabilisieren. Gemäss dem 4. Bericht der Arbeitsgruppe 3 von IPCC (2007c) führt auch eine Stabilisierung der Treibhausgaskonzentration von 445-490 ppm CO_{2eq} zu einem Anstieg von 2.0-2.4 Grad über dem vorindustriellen Niveau. Das von der EU verfolgte 2-Gradziel begründet die Kommission¹⁰ (2007) damit, dass die Evidenz wissenschaftlicher Erkenntnisse zu rasch wachsenden Nettokosten des Klimawandels bei anhaltenden Emissionstrends (z.B. Stern 2006) ein rasches Handeln zur Reduktion der Treibhausgasemissionen als sehr dringlich erscheinen lässt.

Gemäss Stern (2006) und IPCC (2007c) folgt der gegenwärtige Emissionsverlauf dem IPCC-Szenario A1B (Figur 10). Damit könnte bereits vor 2040 ein „radiative forcing“, welches einer Treibhausgaskonzentration von 550ppm CO_{2e} entspricht, erreicht und später überschritten werden. Die IEA (2006) sowie Berg (2007) bestätigen, dass die Trendentwicklung zurzeit in Richtung IPCC-Szenarien A2/A1B läuft. Deshalb empfehlen IPCC (2007c) und Stern (2006) die globalen Emissionen zwischen 2015 und 2025 zu stabilisieren und bis 2050 um 30 bis 60% zu senken. Um einen solchen Emissionsreduktionspfad zu erreichen, ist es laut Stern (2006) erforderlich, auf globaler Ebene auch Massnahmen zu ergreifen, deren Kosten bei gegenwärtigem Stand der Technik in der Grössenordnung von 100USD/tCO₂ liegen.

¹⁰ Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of Regions, limiting global climate change to 2 degrees Celsius – The way ahead for 2020 and beyond, 10th January 2007



Figur 10 Die Graphik vergleicht verschiedene Emissionspfade unter SRES Entwicklung A1 (IPCC 2000, Quelle Berg et al 2007). Der Emissionspfad A1T (700 ppmCO₂e) würde den Temperaturanstieg bis 2100 auf 2.5 Grad stabilisieren.

IPCC (2007c) schätzt die Kosten der für eine Stabilisierung zwischen 445 und 710 ppm CO₂-eq im Jahr 2050 erforderlichen Emissionsreduktionen auf bis zu 5.5% des weltweiten BIPs (Tabelle 3). Die entsprechenden Nettokosten für einen „least cost“ Absenkpfad der Emissionen werden von IPCC (2007c) für das Jahr 2030 auf minus 0.6 bis 3% des weltweiten BIPs geschätzt.

VERMEIDUNGSKOSTEN FÜR "LEAST COST" EMISSIONSPFADE		
Stabilisierungsziel (ppm CO ₂ -eq)	Streubereich der BIP-Verluste für 2030 (%)	Streubereich der BIP-Verluste für 2050 (%)
590 - 710	-0.6 – 1.2	-1 - 2
535 - 590	0.2 – 2.5	Leicht negativ bis 4
445 - 535	< 3	< 5.5

Tabelle 3 Schätzung der Kosten für verschiedene „multi gas“ Emissionsreduktionspfade zur Stabilisierung der atmosphärischen Treibhausgaskonzentration für 2030 und 2050 im Vergleich zur Referenzentwicklung. Der angegebene Streubereich der BIP-Verluste bezieht sich auf das 10% - 90% Intervall (IPCC 2007c).

Investitionen in die Reduktion von Treibhausgasemissionen in der angeführten Größenordnung erscheinen nur in Erwartung von vermiedenen Schadenskosten in mindestens ähnlicher Größenordnung als plausibel.

Hinsichtlich der Beurteilung der Zweckmässigkeit von vorsorglichem Handeln bestehen in der Ökonomie im Wesentlichen zwei Paradigmen: Diese stützen sich auf unterschiedliche Einschätzungen zur Schadenskostenentwicklung ab.

- › Nordhaus (2006), in seiner Replik zu Stern (2006), vertritt die Auffassung, dass eine stärkere Anhebung der Kohlenstoffpreise¹¹ und in der Folge starke Emissionsreduktionen erst mittel- und langfristig angestrebt werden müssten. Gemäss Nordhaus (2006) verbleiben in Anlehnung an das SRES IPCC-Szenario A1T (Figur 10) noch etwa 3–5 Jahrzehnte für eine graduell sich verstärkende Anpassung aufgrund der wirtschaftlichen Entwicklung und dem sich progressiv verstärkenden Einsatz neuer Technologien. Er lehnt somit einen sofortigen Kurswechsel mit einer stringenten Klimapolitik und einschneidenden Massnahmen ab.
- › Stern (2006), Edenhofer et al (2006) und IPCC (2007a-c) schätzen die Risiken für erhebliche Instabilitäten im Klima- und Ökosystem der Erde bei einem Temperaturanstieg von mehr als 2 Grad, wie sie bei einer Klimapolitik gemäss ökonomischen Modellen nach Nordhaus (2006) in Kauf genommen würden, als zu hoch ein. Diese Einschätzung und die Gewichtung eines in der mittlern und fernerer Zukunft ansteigenden Schadenpotenzials hat Stern (2006) zur Wahl einer tiefen Diskontrate bewogen. Stern (2006) und IPCC (2007c) empfehlen – aufgrund einer Abwägung von unsicheren Schadens- und gut abschätzbaren Vermeidungskosten – im Sinne einer „Versicherung“ gegen eine unabwägbare Klimazukunft bereits mit dem Klimaregime ab 2012 die Stabilisierung der globalen Emissionen einzuleiten und diese bis 2050 um 30–60% zu senken. Damit sollen die Treibhausgaskonzentration innerhalb des 445-535ppm CO₂eq-Bereichs stabilisiert und das Risiko irreversibler Klimaschäden tief gehalten werden.

IPCC (2007b) schliesst eine Klimaschadensentwicklung gemäss Stern (2006) und erhebliche Wohlfahrtsbeschränkung von künftigen Generationen nicht explizit aus.

11 z.B. ein Anheben von ca. 18 EUR/tCO₂ (EU ETS Zertifikatpreis für das Jahr 2008) auf ca. 40 EUR/tCO₂ weltweit.

4. ÖKONOMISCHE PARAMETER ZUR ANALYSE DER HANDELSSTRÖME

4.1. EINLEITUNG

Die Schweiz als kleine, weitgehend offene Volkswirtschaft ist in vielfältiger Weise mit dem Ausland wirtschaftlich verflochten. Sie bezieht Güter aus dem Ausland, die hier als Vorleistungen zur Herstellung inländischer Güter dienen oder die direkt für die Endnachfrage (z.B. in privaten Haushalten oder für Investitionen) bestimmt sind. Andererseits liefert die Schweiz Güter ins Ausland, die dort wiederum als Vorleistungen oder für die Endnachfrage dienen. Um die Liefer- und Bezugsverflechtungen der Schweiz mit anderen Ländern einschätzen zu können, ist es grundsätzlich notwendig, nicht nur die direkten Güterströme zu betrachten, sondern auch indirekte Verflechtungen, die über Drittländer verlaufen. So ist die Schweiz z.B. mit seinem Nachbarn Deutschland nicht nur über die direkten Importe verbunden, sondern auch über Importe aus einem anderen Land wie Frankreich, das zur Herstellung dieser Güter wiederum Vorleistungen aus Deutschland benötigt. Dieselben Beziehungen gelten für alle anderen Länder und in ähnlicher Weise für die Exporte der Schweiz.

Für die Untersuchung, wie exponiert die Schweiz über die Exporte gegenüber den weltweiten Auswirkungen des Klimawandels bis 2050 ist, kommt das in Kapitel 4.3 beschriebene Mehrländermodell der direkten und indirekten Wirtschaftsverflechtungen der Schweiz mit der Welt zur Anwendung. Dabei kommen zwei Szenarien zur Anwendung (siehe Kapitel 4.4). Auf der Importseite analysieren wir die Einflüsse und Herausforderungen für die Schweiz qualitativ.

4.1.1. ANNAHMEN ZU AUSWIRKUNGEN ÜBER DIE IMPORTE DER SCHWEIZ

Die Schweiz importiert Güter, die in anderen Ländern hergestellt und aus diesen in die Schweiz transportiert werden. Diese Güter lösen über Vorleistungsverflechtungen weitere Produktionsaktivitäten in diesen und anderen Ländern aus. Der Klimawandel kann sich positiv, neutral oder negativ auf die Bedingungen in den betroffenen Ländern zur Herstellung der benötigten Güter auswirken. Dies kann grundsätzlich Mengen- oder Preiseffekte auslösen. Zum einen ist es denkbar, dass sich die Produktionspotenziale in den Ländern (z.B. zur Herstellung bestimmter landwirtschaftlicher Güter oder von Strom aus Wasserkraft) direkt verändern. Zum anderen können sich auch die Herstellungskosten verändern und damit die relative Wettbewerbsfähigkeit der jeweiligen Produzenten. Da viele Gütermärkte überregional oder global organisiert sind, wirken sich diese Effekte auf das Güterangebot insgesamt und auf die Güterpreise aus.

Diese Veränderungen können sich weiter auf die regionale Verteilung der Lieferländer auswirken, von denen die Schweiz ihre Güter bezieht. Hier kann die politische Stabilität der Lieferländer sowie gegebenenfalls der Grad der Diversifikation für die Versorgungssicherheit der Schweiz eine wichtige Rolle spielen. Auch ist es grundsätzlich denkbar, dass wichtige Transportrouten vom Klimawandel (z.B. durch die veränderte Zahl und Stärke von Extremereignissen) betroffen sein werden und sich dies auf die Transportsicherheit und -kosten auswirkt.

4.1.2. ANNAHMEN ZU AUSWIRKUNGEN ÜBER DIE EXPORTE DER SCHWEIZ

Die Exporte der Schweiz hängen zunächst von der Güternachfrage in den direkten und indirekten Absatzmärkten ab. In dem Umfang, wie der Klimawandel Höhe und Güterstruktur dieser Nachfrage verändern würde, wären auch die Schweizer Exporte betroffen. Der Klimawandel kann über die folgenden Wirkungsmechanismen zu einer Veränderung des Produktionspotenzials in den Partnerländern und damit zu einer Veränderung ihres Wirtschaftswachstums führen. Einerseits kann das veränderte Klima die Bedingungen zur Herstellung bestimmter Güter (z.B. landwirtschaftlicher Güter) direkt beeinflussen. Andererseits kann der Klimawandel zu einer Verschiebung von produktiven, wachstumsfördernden Investitionen hin zu defensiven Investitionen führen, die der Anpassung an die veränderten Klimabedingungen dienen. Dies könnte das Wachstumspotenzial der Volkswirtschaften beeinträchtigen und möglicherweise auch mit einer veränderten Struktur der Güternachfrage einhergehen. Da die exportierten Güter weitere Produktionsaktivitäten in der Schweiz auslösen, führen veränderte Exporte letztlich zu einer Veränderung der Bruttowertschöpfung in der Schweiz.

4.2. METHODISCHES VORGEHEN

Für eine Einschätzung, ob die Schweizer Handelsverflechtungen grundsätzlich vom Klimawandel betroffen wären, ist es zunächst erforderlich, die Handelspartner, von denen die Schweiz direkt und indirekt abhängt, und die Art der gehandelten Güter zu analysieren. Die direkten Handelsbeziehungen lassen sich aus der Aussenhandelsstatistik ablesen. Um darüber hinaus auch die indirekten Handelsverflechtungen über Drittländer einbeziehen zu können und die wirtschaftliche Aktivität in der Schweiz mit der Güternachfrage in anderen Ländern zu verknüpfen, wird das statische Mehr-Regionen-Input-Output-Modell MULTIREG eingesetzt. Die Vorläuferversion dieses Modells wurde an der ETH Zürich zur Analyse der grauen Nettoenergiebilanz der Schweiz, insbesondere des durch die Schweizer Importe im Ausland ausgelösten Energiebe-

darfs, aufgebaut (vgl. Nathani, 2007). Im Rahmen der laufenden Studie wurde dieses Modell erweitert und auf die oben erläuterte Fragestellung angepasst.

MULTIREG basiert auf einer Mehr-Regionen-Input-Output-Tabelle (IOT), die im Grundsatz dem in Figur 11 dargestellten Schema entspricht.

			Vorleistungsnachfrage			Endnachfrage			
			Land 1	Schweiz	Land 3	Land 1	Schweiz	Land 3	RdW
			Sektor 1..n	Sektor 1..n	Sektor 1..n				
Vorleistungen	Land 1	Sektor 1..n							
	Schweiz	Sektor 1..n							
	Land 3	Sektor 1..n							
	Rest der Welt	Sektor 1..n							
	Importierte Dienstleistungen	Sektor 1..n							
Bruttowertschöpfung	Arbeitseinkommen								
	Abschreibungen								
	Untern.-gewinn								
	Nettoprod.-steuern								

Figur 11 Aufbau der Mehr-Regionen-IO-Tabelle am Beispiel für drei Regionen.

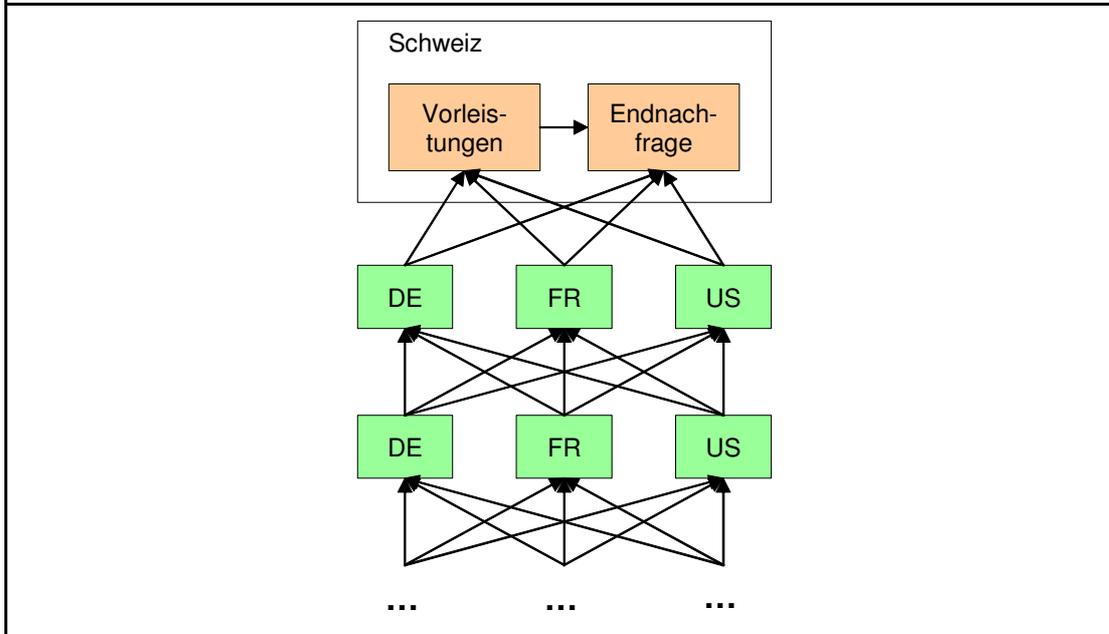
In der derzeitigen Version wird die Weltwirtschaft darin in 35 Länder (für die vorliegende Studie zusammengefasst zu 12 Weltregionen) mit jeweils 41 Produktionsbereichen und eine Region „Rest der Welt“ aufgeteilt (vgl. Übersicht im Anhang). Die Tabelle zeigt für jede Region die Güterlieferungen und -bezüge innerhalb der einzelnen Regionen sowie zwischen den Regionen auf. Betrachtet man diese Tabelle zeilenweise, so enthält jede Zeile die Güterlieferungen eines Produktionsbereiches eines Landes an die Produktionsbereiche aller betrachteten Länder (Vorleistungsnachfrage), an die Endnachfragebereiche aller Länder und schliesslich an den Rest der Welt. Spaltenweise erkennt man für jeden Produktionsbereich, welche Güter er von anderen

Sektoren als Vorleistungen für die eigene Produktion bezieht und zudem mit der Bruttowertschöpfung seine Ausgaben für die Entlohnung der Primärfaktoren (z.B. Arbeit oder Kapital).

Das Modell bildet mit 35 Ländern die wichtigsten Handelspartner der Schweiz ab, die für rund 90–95% des Schweizer Aussenhandels mit Waren verantwortlich sind (siehe Länderliste und weitere Details im Anhang). Die Wahl der abgebildeten Länder richtet sich nach ihrer Bedeutung für den Aussenhandel der Schweiz und den Regionen, die für die Analysen zum Klimawandel relevant sind. Als wesentliche Datengrundlage dienten die von Eurostat und der OECD publizierten Länder-IOTs (Stand um das Jahr 2000) sowie die bilaterale Handelsdatenbank der OECD.

Mit dem Modell MULTIREG lassen sich die folgenden Auswertungen zu den Handelsbeziehungen der Schweiz durchführen. Importseitig kann berechnet werden, welche Güterproduktion direkt und indirekt durch die Importe der Schweiz weltweit ausgelöst wird, wobei die Kette der nationalen und internationalen Lieferverflechtungen komplett einbezogen wird (Figur 12). Gegenüber einer einfachen Auswertung der Importstatistik erlaubt das Modell also zusätzlich die Einbeziehung der indirekten Vorleistungseffekte und ihre Zuordnung zu Ländern und Wirtschaftssektoren. Damit wird es möglich, Auswirkungen des Klimawandels auf Wirtschaftssektoren im Ausland zu betrachten, die nur indirekt mit den Importen der Schweiz in Verbindung stehen.

IMPORTE DER SCHWEIZ UND INDIREKT AUSGELÖSTE PRODUKTION IM AUSLAND ANHAND EINES DREI-LÄNDER-BEISPIELS

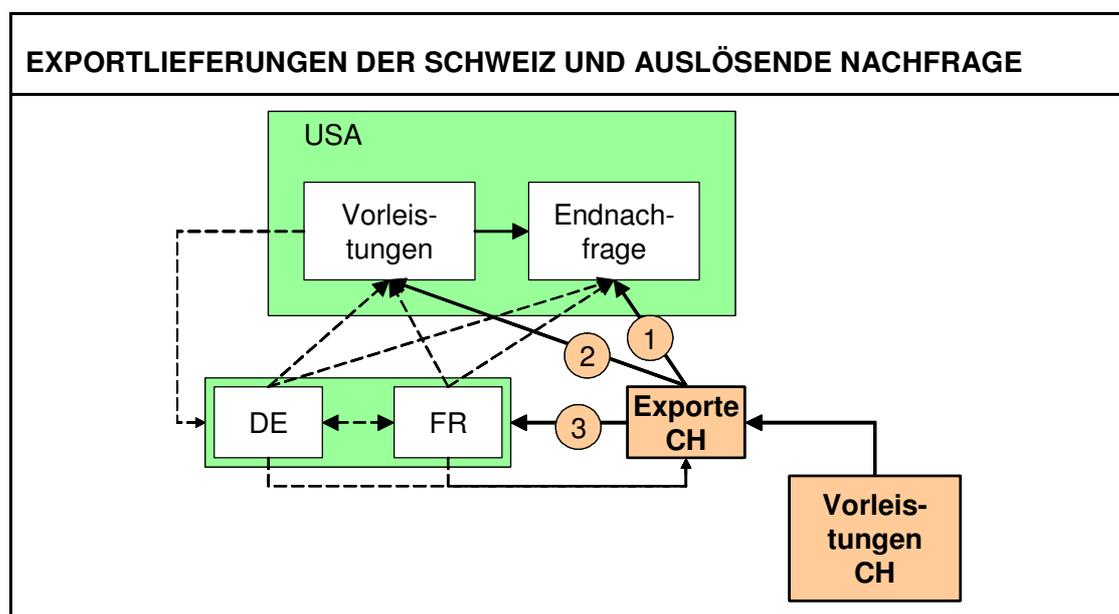


Figur 12 Modell Multireg, Importseite.

Die Frage, wie sich der Klimawandel im Jahr 2050 über internationale Einflusskanäle auf die Schweiz auswirken könnte, ist nur mit grossen Unsicherheiten zu beantworten. Im Rahmen der vorliegenden Studie sollte eine erste Einschätzung erfolgen, ob die Schweiz in nennenswertem Umfang betroffen sein könnte und welches die möglichen Folgen wären. Das Modell MULTIREG unterscheidet 12 Regionen mit je 18 Wirtschaftssektoren.

Für die Exportseite erlaubt das Modell, die Exporte der Schweiz mit der auslösenden Güternachfrage in den übrigen Ländern der Welt zu verknüpfen. Dazu wird für jedes im Modell berücksichtigte Land von der jeweiligen Endnachfrage ausgegangen. Ein Teil dieser Endnachfrage kann direkt aus der Schweiz stammen (Pfeil 1 in Figur 13). Zudem löst die Endnachfrage eine Vorleistungsproduktion im selben Land aus, für die ebenfalls zum Teil Güter aus der Schweiz benötigt werden (Pfeil 2). Drittens benötigen sowohl Endnachfrage als auch Vorleistungsproduktion Vorleistungen aus Drittländern, die wiederum Schweizer Güter nachfragen (Pfeil 3). Sind die gesamten Exporte der Schweiz bekannt, die durch die Endnachfrage eines anderen Landes induziert werden, so lassen sich die damit zusammenhängende Güterproduktion und schliesslich die Bruttowertschöpfung in der Schweiz berechnen. Im Hinblick auf den Klimawandel wird es dadurch möglich, abzuschätzen, wie sich eine Veränderung der Endnachfrage in

anderen Regionen auf die Bruttowertschöpfung der Schweiz auswirken würde. Bei MULTIREG handelt es sich um ein sogenanntes offenes, statisches Mengenmodell der Input-Output-Analyse. Der Fokus des Modells liegt auf der Analyse der Auswirkungen von Nachfrageänderungen auf Güterströme und Produktion in den einzelnen Regionen. Auswirkungen auf Güterpreise und Faktorkosten sowie gesamtwirtschaftliche Kreislauffeffekte lassen sich mit diesem Modell nicht abbilden.



Figur 13 Modell Multireg, Exportseite.

4.3. ANALYSE DER HANDELSVERFLECHTUNGEN DER SCHWEIZ

In diesem Kapitel werden die Handelsverflechtungen der Schweiz nach der oben dargestellten Methode analysiert. Dies soll aufzeigen, welche Gütergruppen und welche Handelspartner im Aussenhandel der Schweiz eine wichtige Rolle spielen, zusammen mit den Analysen zum Klimawandel eine erste Einschätzung zur Anfälligkeit der Schweiz durch internationale Einflusskanäle erlauben und die Grundlage für die Szenarioanalysen mit dem Modell MULTIREG bilden.

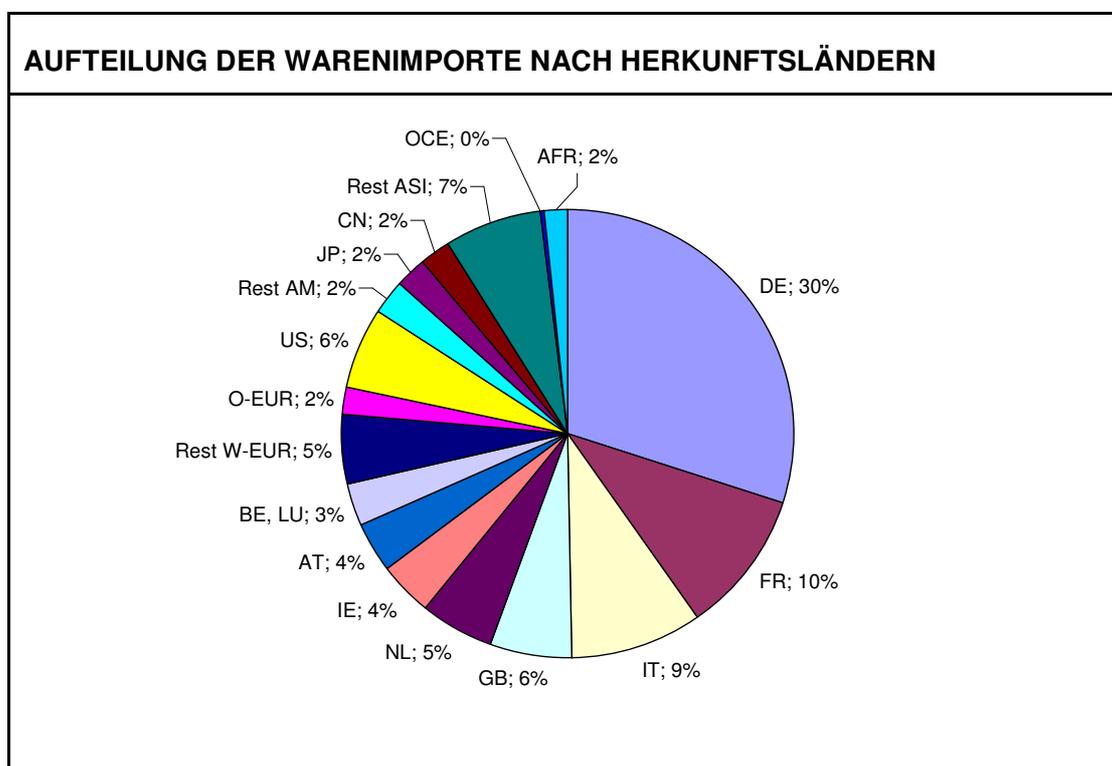
4.3.1. IMPORTVERFLECHTUNGEN

Die Schweiz importierte im Jahr 2001 Güter im Wert von gut 172 Mia. CHF. Davon waren gut 86% Waren, die sich weitgehend den Herkunftsländern zuordnen lassen (Figur 14). Knapp 14% der Importe waren Bau- und Dienstleistungen, deren Herkunft nur zum Teil bekannt ist.

	Summe (Mio. CHF)	Anteil
Waren	148'705	86%
Bauleistungen	94	0%
Dienstleistungen	23'544	14%
Importe insgesamt	172'343	

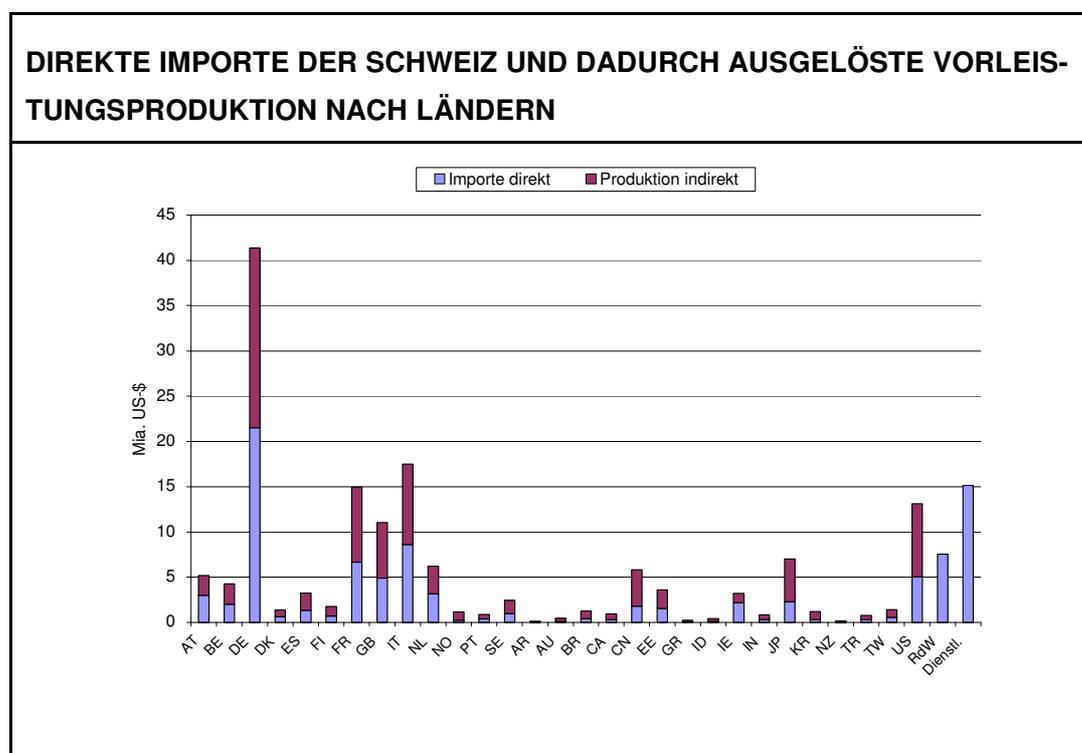
Figur 14 Übersicht über die Importe der Schweiz. Quelle: IOT 2001 der Schweiz (Nathani/Wickart et al., 2006).

Die Analyse der Herkunft der Warenimporte zeigt, dass ungefähr 75% aus Westeuropa stammen (Figur 15), wobei die Nachbarländer Deutschland, Frankreich und Italien rund die Hälfte auf sich vereinen. Osteuropa und Russland stellen je rund 2% und die USA 6% der Importe. Japan und China sind mit jeweils 2% der Warenimporte die wichtigsten asiatischen Lieferländer. Insgesamt deckt das Mehrregionenmodell knapp 95% der Schweizerischen Warenimporte ab.



Figur 15 Quelle: Aussenhandelsstatistik der EZV.

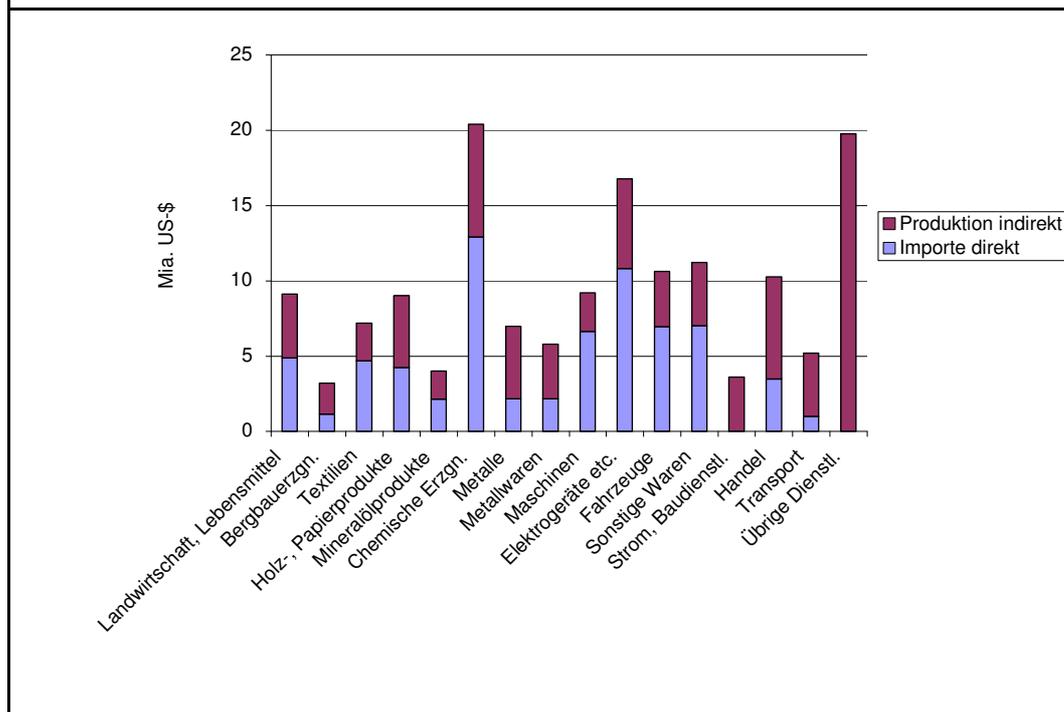
Der Einsatz des Mehrregionenmodells erlaubt es, die durch die Importe weiter ausgelöste Güterproduktion in den einzelnen Ländern zu berechnen. Bei Einbeziehung dieser indirekt ausgelösten Produktion verschieben sich die Gewichte leicht zu Gunsten der USA, von China und Japan (Figur 16). Für die Importe aus dem Rest der Welt und die Dienstleistungsimporte können die indirekten Produktionseffekte nicht bestimmt werden, da diese im Modell nicht endogen abgebildet sind.



Figur 16. Quelle: Berechnungen Rütter + Partner.

Figur 16 schlüsselt die Warenimporte weiter nach Gütergruppen auf und zeigt auch die indirekt ausgelöste zusätzliche Produktion nach Produktionsbereichen. Die Warenimporte selbst sind breit gefächert. Schwerpunkte liegen bei Chemischen Erzeugnissen, Maschinenbauprodukten, Fahrzeugen und Textilien. Landwirtschaftliche Güter und Nahrungsmittel machen rund 6% der Warenimporte aus. Die dadurch ausgelöste indirekte Produktion ist ebenfalls breit über die verschiedenen Produktionsbereiche verteilt. Die Grundstoffindustrie wie z.B. die Metallherzeugung gewinnt als Vorleistungslieferant besonders an Bedeutung hinzu. Dienstleistungssektoren (z.B. der Handel) stellen mit rund 24% einen bedeutsamen Teil der Gesamtproduktion.

AUFTEILUNG DER WARENIMPORTE UND DER IN DEN HERKUNFTSLÄNDERN INDUZIERTEN VORLEISTUNGSPRODUKTION NACH GÜTERGRUPPEN BZW. PRODUKTIONSBEREICHEN..



Figur 17 Quelle: Berechnungen Rütter + Partner.

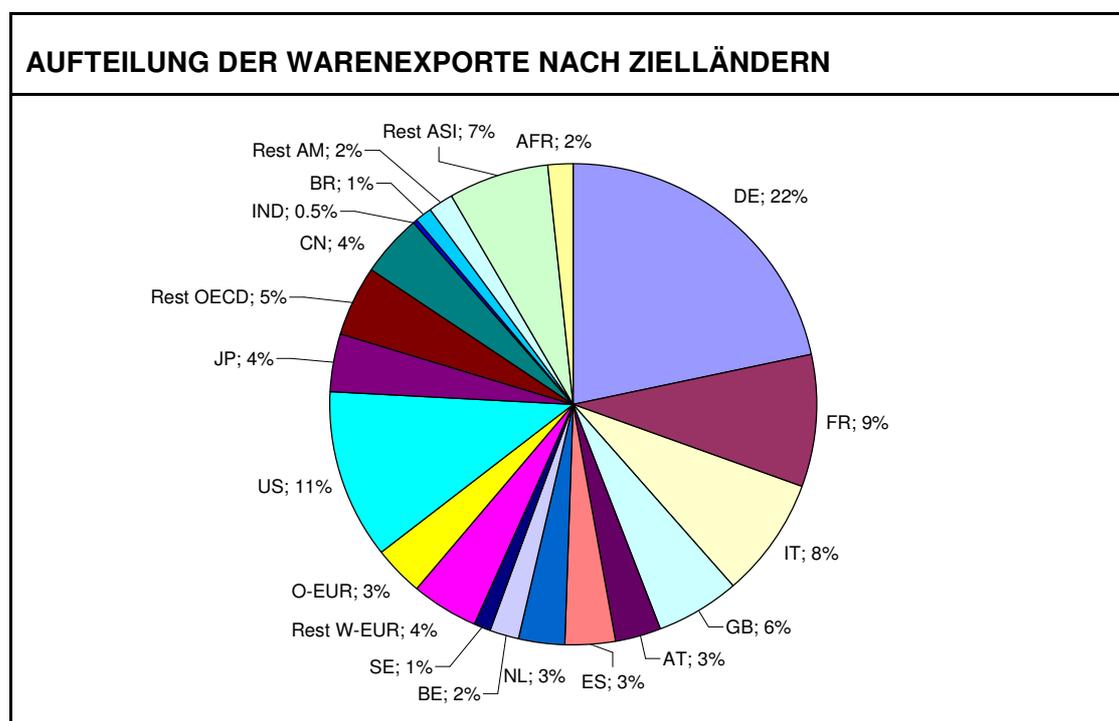
4.3.2. EXPORTVERFLECHTUNGEN

Im Jahr 2001 exportierte die Schweiz Waren im Wert von knapp 189 Mia. CHF. Der Anteil der Dienstleistungen liegt mit 26% der Gesamtexporte deutlich über dem Anteil bei den Importen (Figur 18). Auch hier ist nicht vollständig bekannt, für welche Länder diese Dienstleistungen erbracht werden.

	Wert (Mio. CHF)	Anteil
Waren	135'497	72%
Strom, Wasser	3'011	2%
Bauleistungen	289	0%
Dienstleistungen	49'750	26%
Importe gesamt	188'547	

Figur 18 Übersicht über die Exporte der Schweiz. Quelle: IOT 2001 der Schweiz (Nathani/Wickart et al., 2006).

Die Aufteilung der Warenexporte nach Zielländern zeigt eine gleichmässigeren Verteilung als diejenige der Importe (Figur 19). Deutschland, Frankreich und Italien sind auch hier wichtige Handelspartner, haben aber nicht die gleiche Bedeutung wie bei den Importen. Insgesamt machen Lieferungen nach Westeuropa rund 60% der Warenexporte aus. Die USA, Japan und China nehmen für die Exporte eine grössere Bedeutung ein als für die Importe. Das Modell MULTIREG deckt insgesamt rund 90% der Schweizer Warenexporte ab.

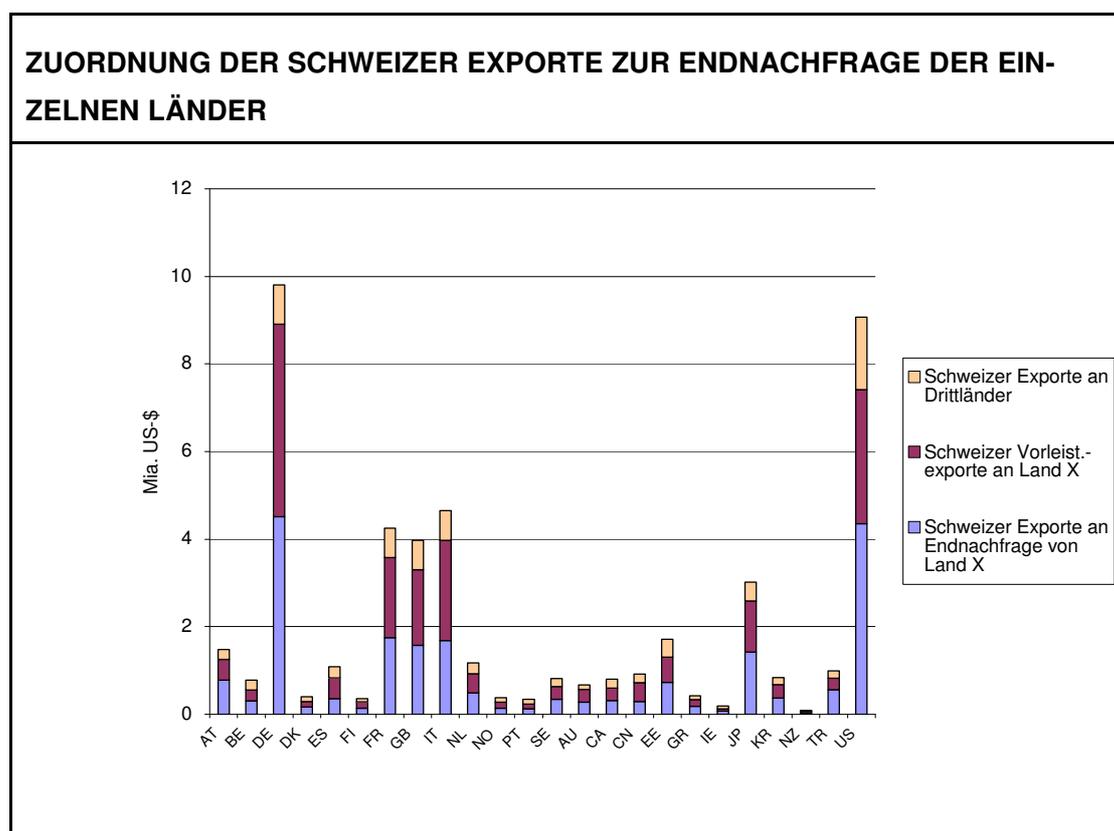


Figur 19 Quelle: Aussenhandelsstatistik der EZV.

Ordnet man diese Exporte der auslösenden Endnachfrage in den im Mehrregionenmodell abgebildeten Ländern zu, so ergibt sich das in Figur 20 gezeigte Bild. Für jedes Land können drei Effekte unterschieden werden:

- › Zunächst werden Schweizer Güter direkt für die Endnachfrage verwendet (unterer Balken).
- › Die Endnachfrage eines Landes generiert zusätzliche heimische Produktion, für die wiederum indirekt Güter aus der Schweiz benötigt werden (mittlerer Balken).
- › Schliesslich wird Produktion in Drittländern verursacht, die wiederum Schweizer Güter als Vorleistungen beziehen (oberer Balken).

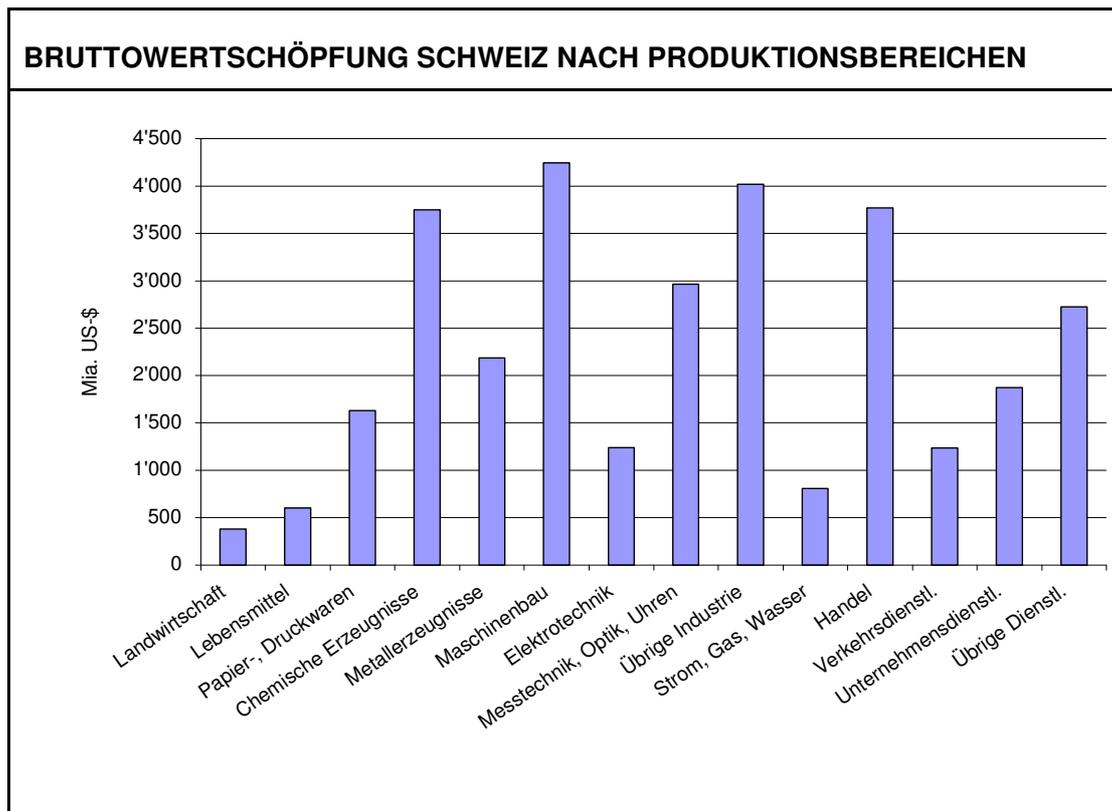
Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Bedeutung der beiden indirekten Effekte zwischen den Ländern unterscheidet. Im Verhältnis zu den direkten Schweizer Exporten an die Endnachfrage eines Landes werden zwischen 80% und 200% zusätzlich in Form von indirekten Schweizer Exporten ausgelöst. Die über Drittländer induzierten Exporte haben dabei Anteile zwischen 12% und 45%-Punkten. Insgesamt ist der indirekte Effekt über die heimische Produktion für die meisten Länder deutlich stärker als derjenige über die Drittländer. Letzterer ist zwar nicht vernachlässigbar, sein geringerer Einfluss weist jedoch darauf hin, dass es bei der Abschätzung der potenziellen Auswirkungen des Klimawandels im Jahr 2050 in erster Linie darauf ankommt, die zukünftigen direkten Handelsverflechtungen der Schweiz gut zu treffen und dass es weniger wichtig sein dürfte, den Handel zwischen den übrigen Ländern korrekt abzubilden.



Figur 20 Quelle: Berechnungen Rütter + Partner.

Die Herstellung der Exportgüter löst in der Schweiz weitere Produktionsaktivitäten in der Volkswirtschaft aus. Figur 21 zeigt die Bruttowertschöpfung nach Produktionsbereichen, die in der Schweiz durch die Herstellung der Exportgüter für die im Modell erfassten Länder ausgelöst wird. Deutliche Schwerpunkte sind in der Chemischen Industrie, beim Maschinenbau und dem

Sektor Messtechnik, Optik, Uhren (hier insbesondere die Uhrenindustrie) zu erkennen. Auch hier spielen die Dienstleistungen, insbesondere der Handel und die sonstigen Unternehmensdienstleistungen (NACE 74), eine wichtige Rolle.



Figur 21 Bruttowertschöpfung in der Schweiz nach Produktionsbereichen, ausgelöst durch Exporte in die im Modell MULTIREG abgebildeten Länder. Quelle: Berechnungen Rütter + Partner.

Gestützt auf diese Analysen verbindet das Modell MULTIREG die Input-Output-Tabellen der verschiedenen Weltregionen, so dass für alle Weltregionen die Sektorstrukturierung, die Produktionsfunktionen, die Güterverwendung, die gegenseitige Verflechtung über Import- und Exportströme sowie die produktionsseitige Wertschöpfungsentstehung abgebildet werden. In den nachfolgend beschriebenen Szenarien 1 und 2 unterscheiden wir zwischen folgenden **12 Weltregionen**:

- | | |
|-----------------------------|------|
| › Westeuropa (ohne Schweiz) | WEUR |
| › Südeuropa | SEUR |
| › Osteuropa | OEUR |
| › Russland | RU |
| › Nordamerika (USA, Kanada) | NAM |

› Lateinamerika	SAM
› China	CN
› Indien	IN
› Ostasien (Japan, Taiwan, Südkorea)	OASI
› Rest Asien	RASI
› Ozeanien	OCE
› Rest der Welt	RDW

Für die Analyse der weltweiten Verflechtung der Handelsströme dieser Weltregionen wird überall nach Sektoren unterschieden. Die **Branchenstruktur** für die Modellarbeiten in Szenario 1 und Szenario 2 ist folgendermassen gegliedert:

	NACE-Nr.	Sektorbezeichnung
1	01–05	Land-, Forstwirtschaft, Fischerei
2	10–14	Bergbau, Gewinnung von Energieträgern
3	15–16	Nahrungsmittel, Getränke, Tabakverarbeitung
4	23	Kokereien, Mineralölverarbeitung, Spalt- und Brutstoffe
5	24	Chemische Industrie
6	26	Nichtmetallische Mineralien
7	27	Metallerzeugung
8	28	Metallverarbeitung, Maschinenbau, Elektro-, Elekt- ronikgeräte
9	34, 35	Fahrzeugbau
10	17 – 22, 25, 33, 36, 37	Sonstige Industrie
11	40	Elektrizitäts-, Fernwärme-, Gasversorgung
12	41	Wasserversorgung
13	45	Baugewerbe
14	60 – 63	Verkehr
15	65–67	Finanzdienstleistungen
16	73	Forschung & Entwicklung
17	85	Gesundheitswesen
18	Rest	Sonstige Dienstleistungen

Tabelle 4 Branchenstruktur.

4.4. ERARBEITUNG DER SZENARIEN

4.4.1. ÜBERSICHT

Die Schweiz ist eine kleine offene Volkswirtschaft, die aber stark vom internationalen Güteraus-tausch und der weltweiten Arbeitsteilung beeinflusst wird. Deshalb analysiert diese Untersu-chung, wie exponiert die Schweiz über die Exporte gegenüber den weltweiten Auswirkungen des Klimawandels bis 2050 ist. Für die Wirkungen auf der Warenexportebene kommt das in Kapitel 4.3 beschriebene Mehrländermodell der direkten und indirekten Wirtschaftsverflechtun-gen der Schweiz mit der Welt zur Anwendung. Dabei rechnen wir grobe quantitative Schätzun-gen über das vorgestellte Modell, auf der Importseite analysieren wir die Einflüsse und Heraus-forderungen für die Schweiz qualitativ.

Die Importseite der Schweiz betrachten wir qualitativ, weil es kaum möglich ist, ein plau-sibles Szenario auf der Importseite aufzubauen. Die Substitutionsmöglichkeiten der Schweiz (gleiche Güter aus anderen Ländern oder Wechsel zu anderen Gütern oder dank technischem Wandel vollständig andere Güterimportnachfrage der Schweiz) sind sehr vielfältig und es gibt wenig Anhaltspunkte aus der Literatur für eine quantitative Abschätzung. Deshalb ist auch eine grobe Quantifizierung wie bei den Exporten nicht zielführend. Der Klimawandel verändert die Produktionsbedingungen in einzelnen Weltregionen erheblich und so auch die Fähigkeit der verschiedenen Weltregionen, Güter in die Schweiz zu liefern. Wir betrachten je Gütergruppe und Weltregion, welche wichtigen Entwicklungen hier zu erwarten sind und machen Aussagen dazu, für welche Güter, die die Schweiz importiert, unter Klimawandel Engpässe auftreten könnten.

Die Ergebnisse zu diesem Szenario zeigen, wie die heutige Wirtschaftsstruktur gegenüber den zu erwartenden weltweiten Klimawirkungen exponiert ist, welcher Anteil der Exporte ge-fährdet und für welche Importgüter es Lieferengpässe geben könnte. Die Analyse auf der **Ex-portseite** erfolgt in 2 Stufen (siehe auch Figur 22):

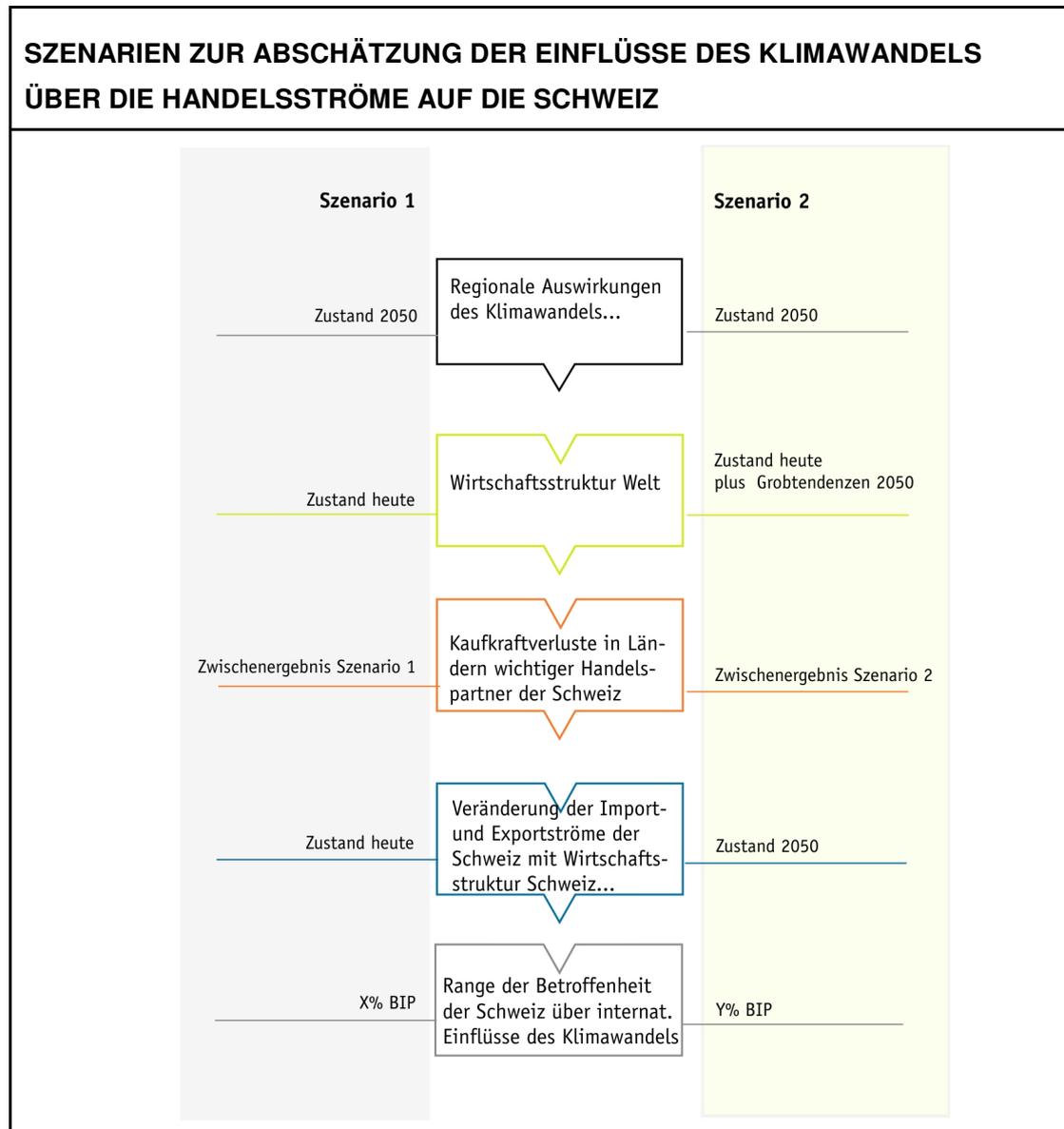
- › In einer ersten Stufe (**Szenario 1**) wird die Auswirkung der Klimaänderungen 2050 abge-schätzt, wenn sie auf die heutige Wirtschaftsstruktur der Schweiz und die Handelsverflechtun-gen mit dem Rest der Welt treffen würden. Auf der Exportseite gibt es einerseits einen Men-geneffekt durch eine je Weltregion unterschiedlich verringerte Kaufkraft. Für die Schweiz re-levant ist die Veränderung der Nachfrage nach Importen der Weltregionen aus der Schweiz. Auf der anderen Seite ergibt sich ein Struktureffekt, in dem sich die strukturelle Aufteilung der Nachfrage nach den einzelnen Gütergruppen der Weltregionen wegen des Klimawandels ver-ändern kann. Die Annahmen über die klimabedingten mengenmässigen und strukturellen

Nachfrageänderungen in den Weltregionen basieren auf einer ausführlichen Literaturrecherche, deren wichtigste Ergebnisse in Teil II der Studie dargestellt sind.

- › In einer zweiten Stufe wird mit **Szenario 2** gearbeitet, bei welchem zunächst eine mögliche Struktur der Weltwirtschaft im Jahr 2050 abzuleiten war. Dazu stützen wir uns auf Modellrechnungen mit Weltmodellen, die in der Literatur beschrieben werden. Diese berechnen das Wachstum der verschiedenen Weltregionen in den kommenden Jahrzehnten ohne Klimaänderungen (Referenz Business as usual = BAU). Die unterschiedlichen Gesamtentwicklungen der einzelnen Weltregionen übernehmen wir wiederum aus bestehenden Modellrechnungen, die in der Literatur dokumentiert sind und zusätzlich verfügbaren Informationen. Diese werden über die Berechnung wichtiger Kenngrößen plausibilisiert (z.B. BIP/Kopf-Wachstum unter Einbezug der Bevölkerungsprognosen nach Weltregionen der UNO). Zudem basieren wir uns auf eine ausführliche Zusammenstellung der Literatur über erwartete/mögliche Veränderungen in der Wirtschaftsstruktur je Weltregion und Veränderungen in der Konsumstruktur weltweit. Dabei wird auch unterstellt, dass die technologische Entwicklung mit den Anforderungen Schritt hält und technisch mögliche Anpassungsmassnahmen weitgehend realisiert werden. Das so entwickelte grobe Szenario der Weltwirtschaft in 2050 wird dann wiederum mit den Klimawirkungen 2050 konfrontiert. Dabei interessieren wir uns wiederum für die Wirkungen auf die Wirtschaft Schweiz:

- › Welches Vorzeichen und welche Intensität haben die ausgelösten Veränderungen der Exporte oder der Wertschöpfung insgesamt in der Schweiz?
- › Sind die zu erwartenden Folgen stärker oder schwächer als in Szenario 1? Ist demnach die Wirtschaft Schweiz in der Wirtschaftsstruktur von heute oder der von morgen verletzlicher durch den Klimawandel?
- › Welche Gütergruppen sind besonders betroffen in der Schweiz?

Die folgende Figur zeigt das Vorgehen zur Analyse und Berechnung der beiden Szenarien noch schematisch auf:



Figur 22 zeigt den Ablauf der Szenarienbildung für die 2 Szenarien.

4.4.2. SZENARIO 1: KLIMA 2050 WIRKT AUF WIRTSCHAFTSSTRUKTUR VON HEUTE

In Szenario 1 wurden die Veränderungen der Endnachfrage abgeschätzt, welche sich aufgrund der Klimaänderung 2050 in den Volkswirtschaften verschiedener Weltregionen bei den heutigen Wirtschaftsstrukturen ergeben würden. Zum einen löst diese Klimawirkung einen Mengeneffekt und zum anderen einen Struktureffekt aus. Die Annahmen zu diesen beiden Effekten gelten für Szenario 1 und 2 analog, die Szenarien unterscheiden sich dagegen in der Wirtschaftsstruktur.

Mengeneffekt

Beim **Mengeneffekt** wird berücksichtigt, dass die Weltregionen unterschiedlich stark von der Klimaerwärmung 2050 betroffen sind und unterschiedliche Auswirkungen auf die Wirtschaftskraft und somit das Einkommen der Regionen resultieren. Dabei werden die Auswirkungen des Klimawandels gegenüber einer wirtschaftlichen Entwicklung ohne Veränderungen im Klimasystem, dem sog. **Business-as-usual (BAU) Szenario** berechnet. In diesem BAU-Szenario hat der Klimawandel keine oder nur vernachlässigbare physische Auswirkungen auf die Weltregionen, so dass sich die verschiedenen Haupteinflusskanäle und insbesondere die Import- und Exportströme ohne klimabedingte Einschränkungen entwickeln.

Bei der Festlegung der Auswirkungen des Klimawandels auf die Wirtschaftssysteme der Weltregionen und die sich daraus ergebenden Einkommensänderungen stützen wir uns auf die Ergebnisse des Weltmodells WIAGEM ab, das diese Frage untersucht hat (Kemfert 2002). Vor dem Hintergrund der neuesten Klimaanalysen und dem noch sehr begrenzten Verständnis der Wirkungszusammenhänge weist das herangezogene Modell aus heutiger Sicht mittlere wirtschaftliche Wirkungen auf. Die von Tol (2005) vorgenommenen Modellierungen kommen zu tieferen Wohlfahrtsverlusten als Kemfert und führen je nach Gewichtung der Weltregionen in der Summe sogar zu positiven Auswirkungen des Klimawandels auf das globale BIP. Andere Quellen stellen dagegen wesentliche höhere Auswirkungen des Klimawandels auf die globale Weltwirtschaft dar. So geht auch IPCC (2007b) davon aus, dass der Klimawandel im Zeitraum 2090-2099 zu wirtschaftlichen Einbussen in Höhe von bis zu 5% des globalen BIP führen kann. Die von WIAGEM ausgewiesene Bearbeitungstiefe der Wirkungszusammenhänge der Klimaerwärmung in Schwellenländern (Kemfert 2007a) liegt nach Einschätzung der Autorenschaft dieser Studie deutlich näher beim „state of the art“ von Vulnerabilitätsstudien als dies beim von Tol (2005) verwendeten Modell der Fall ist. Weil beim heutigen Wissensstand wichtige Wirkungszusammenhänge (etwa die Wechselwirkung zwischen Veränderungen in Ökosystemen mit der Sozioökonomie des ländlichen Raumes) ökonomisch noch nicht hinreichend beschrieben werden können und damit die Schadenswirkungen tendenziell unterschätzt werden, bezeichnen wir die von Kemfert (2000) ermittelten Wohlfahrtsverluste als **Variante „medium“**.

Als **Variante „high“** definieren wir eine Entwicklung, die sich in Bezug auf die regionalen Unterschiede ebenfalls auf Kemfert (2002) bezieht, in der Gesamtwirkung auf das BIP weltweit jedoch Aussagen zu Sensitivitäten der Klimaentwicklung, der Berechnungen von Klimaschäden sowie der Rolle von "non-market impacts" berücksichtigt. Auf Basis dieser zusätzlichen Erkenntnisse wird angenommen, dass die wirtschaftlichen Auswirkungen in einem Sensitivitäts-

szenario "high" knapp dreimal so hoch sind wie bei Kemfert/WIAGEM und zu wirtschaftlichen Einbussen von bis zu 5% des globalen BIP bis 2050 führen können:

- › Bei den Temperaturänderungen liegt Kemfert (2002) in der Bandbreite der IPCC-Szenarien, berücksichtigt jedoch keine weiteren Sensitivitätsberechnungen, die gemäss IPCC (2007a) bis 2090-2099 zu einem Temperaturanstieg von bis zu 6.4°C führen können (gegenüber 1990-1999). Beim Meeresspiegelanstieg liegt Kemfert (2002) mit einem Anstieg des Meeresspiegels um 8 cm bis 2050 jedoch deutlich unter den Aussagen des IPCC, der z.B. im A2 Szenario einen Anstieg des Meeresspiegels von bis zu einem halben Meter prognostiziert (vgl. Figur 6).
- › Aktuelle Studien zum globalen Konfliktpotential des Klimawandels machen deutlich, dass durch die zunehmenden Konflikte eine Reihe von "non-market impacts" zu marktrelevanten Faktoren werden und somit auch die Handelsströme beeinflussen (WBGU 2007).
- › Bei Stern (2006) wird deutlich, dass die Differenz zwischen dem Szenario "baseline climate" ohne "non-market impacts" und dem Szenario "high climate" mit "non-market impacts" knapp dem Faktor 3 entspricht. Auch die Sensitivität innerhalb der Szenarien, genauer dem Verhältnis des „mean“-Schätzers und dem 95%-Percentil, entspricht knapp einem Faktor 3 (vgl. Figur 30).

Gemäss den Ergebnissen von Kemfert (2002) für die Variante "medium" und darauf aufbauend als Sensitivitätsanalyse für die Variante "high", verändert sich die Wertschöpfung der Weltregionen wie folgt:

WERTSCHÖPFUNGSÄNDERUNG JE WELTREGION AUFGRUND KLIMAÄNDERUNG 2050		
	Veränderung Wertschöpfung gegenüber Referenzszenario	
Weltregion	Szenario 1 und 2 Variante "medium"	Szenario 1 und 2 Variante "high"
Westeuropa	-0.7%	-1.9%
Südeuropa	-0.7%	-1.9%
Osteuropa	-1.3%	-3.6%
Russland	-1.3%	-3.6%
Nordamerika (USA, Kanada)	-0.7%	-2.0%
Lateinamerika	-2.2%	-6.1%
China	-3.5%	-9.7%
Indien	-5.9%	-16.4%
Ostasien (Japan, Taiwan, Südkorea)	-0.7%	-1.9%
Rest Asien	-2.3%	-6.4%
Ozeanien	-0.8%	-2.2%
Rest Der Welt	-1.8%	-2.2%
Total	-1.8%	-5%

Tabelle 5

Struktureffekt

Beim Struktureffekt werden Anpassungen sowohl bei der Endnachfrage nach Waren und Investitionen sowie die veränderten Produktionsverhältnisse spezifischer Sektoren in den Weltregionen berücksichtigt. Dabei arbeiten wir mit der in Kapitel 4.3.2 dargestellten Struktur der 18 Branchen. Die Unterteilung wurde so gewählt, dass die Sektoren genauer unterschieden werden können, die in Folge Klimawandel stärkere Veränderungen erfahren.

› Bei der **Investitionstätigkeit** gehen wir davon aus, dass die durch den Klimawandel ausgelösten Extremereignisse zu zusätzlichen Investitionen führen, die sich insbesondere in den Sektoren Bau, Metallherstellung (relevant für Stahlbauten), Ressourcen und Energieversorgung niederschlagen. In allen Regionen steigt die Investitionsnachfrage in diesen Sektoren um 5%.

Diese Annahmen gehen grundsätzlich mit den Ergebnissen von Stern einher (Szenario „market impacts + catastrophe“). Da einige Länder besonders stark von Extremereignisse wie Hurrikanes, Tornados, Taifunen oder dem El-Nino Effekt betroffen sind, erhalten die jeweiligen Sektoren einen zusätzlichen Zuschlag von 1%-Punkt, so dass sich die Investitionsnachfrage insgesamt um 6% erhöht (Regionen: Nord- und Südamerika, Ostasien und Rest-Asien). Diese Annahme eines Zuschlags basiert auf Aussagen der Versicherungswirtschaft (vgl. ABI 2005, S. 24) und Ergebnissen der Literaturrecherche. Diese zusätzlichen Investitionen verdrängen andere produktive Ressourcen, so dass die Nachfrage in den anderen Sektoren anteilig zurückgeht.

› Bei der **Endnachfrage nach Waren (ohne Investitionen)** unterstellen wir weniger Veränderungen in der Güterstruktur als bei den Investitionsgütern. Zum einen erwarten wir eine Bedeutungszunahme im Sektor Chemie/Pharmaindustrie. Durch die Auswirkungen des Klimawandels auf die menschliche Gesundheit (stärkere Ausbreitung von Krankheiten, Seuchengefahren etc.) gehen wir davon aus, dass der Anteil der Chemieexporte der Schweiz um 5% steigt. Die Annahmen über die Bedeutung des Klimawandels für die menschliche Gesundheit basieren auf Modellrechnungen von Kemfert (2002) und Erkenntnissen der Literaturrecherche. Gleichzeitig steht den Konsumenten durch den Klimawandel ein geringeres Einkommen zur Verfügung. Wir unterstellen, dass deshalb in allen Regionen weniger Luxusgüter konsumiert werden. Dies betrifft z.B. Uhren, Schmuck, teure Bekleidung, teure Schuhe etc. Entsprechend sinkt der Anteil der relevanten Sektoren an den Gesamtexporten ebenfalls um 5%.

4.4.3. SZENARIO 2: KLIMA 2050 WIRKT AUF WIRTSCHAFTSSTRUKTUR 2050

Im Szenario 2 wird untersucht, wie exponiert die Schweizer Exporte sind, wenn die für 2050 erwartete Klimaänderung auf die projizierte Weltwirtschaftsstruktur von 2050 trifft. Dabei wurde die Mehr-Länder-IOT des Modells MULTIREG dazu verwendet, einen möglichen Zustand der Weltwirtschaft im Jahr 2050 grob zu skizzieren unter Berücksichtigung der nachfolgend genannten Trends.

Die bisherigen Analysen zeigen, dass grosse Teile der am stärksten für den Klimawandel verantwortlichen Länder bis 2050 wahrscheinlich bewältigbare physischen Schäden erwarten müssten. Weniger hoch entwickelte Länder bzw. solche, von denen in den nächsten Jahrzehnten starkes Entwicklungspotential erwartet wird, sind dagegen wegen der bereits heute extremeren Klimabedingungen (Temperatur und Niederschlagsintensität) meist stärker betroffen.

Die Hypothese für das Szenario 2 lautet, dass die Schweiz zwischen heute und 2050 über den internationalen Einflusskanal verletzlicher wird. Heute spielen die Länder mit einem höherem Klimaschadensrisiko eine weniger bedeutende Rolle als Nachfrager nach Schweizer Exporten. Aufgrund der absehbaren wirtschaftlichen Entwicklung wird sich dies bis 2050 ändern.

Zusätzliche Annahmen gegenüber Szenario 1

Die Annahmen zu den Mengen- und Struktureffekten aus Szenario 1 bleiben identisch bestehen. In Szenario 2 sind zusätzliche Annahmen nötig, weil zunächst eine plausible Entwicklung der einzelnen Weltregionen bis 2050 erarbeitet werden muss.

Für die Erarbeitung einer Wirtschaftsstruktur der Schweiz 2050 haben wir uns auf die im Rahmen der Energieperspektiven erarbeiteten Branchenszenarien von Ecoplan (2006) gestützt. Für die 12 Weltregionen haben wir die Erarbeitung einer Wirtschaftsstruktur 2050 auf Kemfert (2007) und EIA (2006) gestützt. Das folgende Kapitel legt die Herleitung des Zustands 2050 detailliert dar und geht auf wichtige Charakteristiken des entwickelten Zustands 2050 ein.

Weltwirtschaft 2050

Die EIA (2006) unterstellt für die Weltregionen bis 2030/2050 etwas höhere Wachstumsraten als dies Kemfert für den gleichen Zeitraum tut. Für Szenario 2 wurde ein Mittelwert dieser beiden Quellen verwendet. Für einige Regionen wurden die Annahmen zur Entwicklung der Weltregionen bis 2050 zudem angepasst. Das Wachstum in Nordamerika wurde etwas zurückgenommen, da dort angesichts der hohen Verschuldung und dem zunehmenden Finanzierungsbedarf in Asien (das bisher wichtiger Kapitalgeber für Nordamerika war) eine Wachstum dämmernde Wirkung als wahrscheinlich eingestuft wurde. Zum anderen haben wir in Ostasien das Wachstum leicht angehoben, da die Wachstumsdifferenz dieser Region im Vergleich zum Rest Asiens nach Kemfert als eher zu tief eingeschätzt wurde.

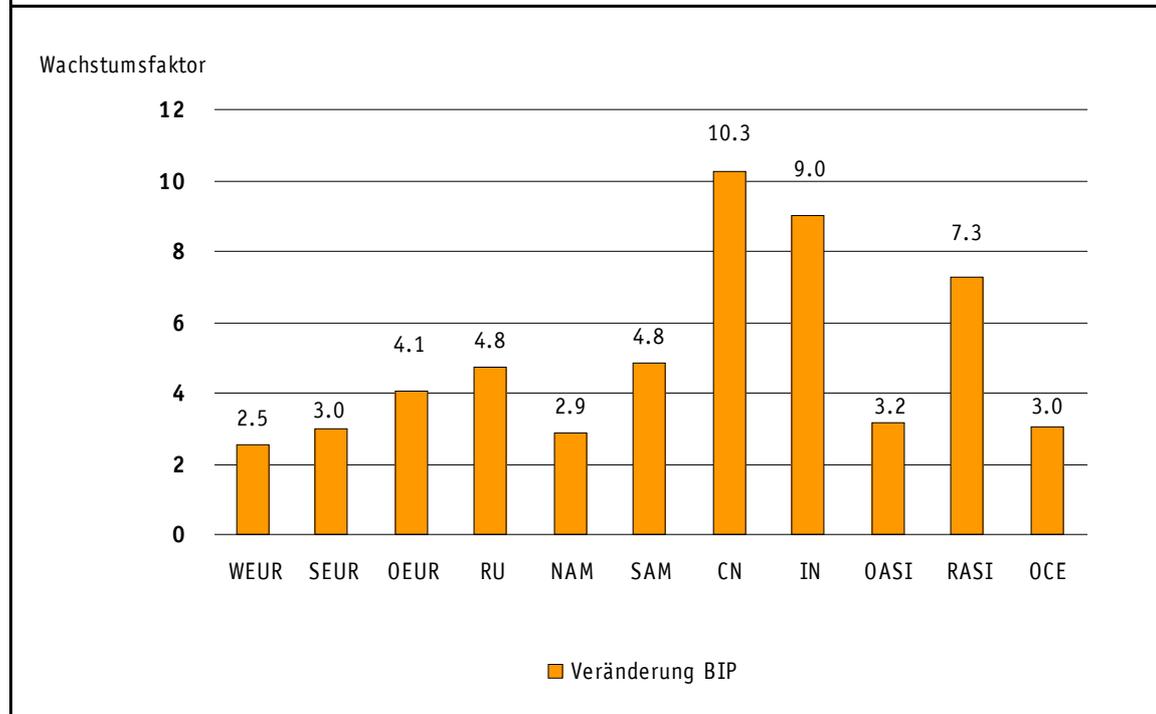
Wir haben ausserdem angenommen, dass die osteuropäischen Volkswirtschaften deutlich stärker wachsen als die EU-15 Länder, da im Zuge der EU-Erweiterung von einem Aufholprozess dieser Länder auszugehen ist. Auch gehen wir für die Region „Restliches Asien“ über die nächsten 50 Jahre von einem derartigen Aufholprozess aus und nehmen ein Wachstum von 4% pro Jahr an, das damit etwas unter dem für China oder Indien erwarteten Wachstumsraten liegt. Während der letzten 5 Jahre sind China und Indien um 1.5 bis 2fach stärker gewachsen, als dies von den herangezogenen Quellen für die langfristige Entwicklung angenommen wird. In allen Weltregionen findet, in unterschiedlicher Geschwindigkeit, eine Entwicklung in die Richtung einer Dienstleistungsgesellschaft statt.

ANNAHMEN ZUR ENTWICKLUNG DES BIP JE WELTREGION BIS 2050	
Weltregion	Veränderung Wertschöpfung pro Jahr bis 2050
Westeuropa	1.9%
Südeuropa	2.2%
Osteuropa	2.8%
Russland	3.2%
Nordamerika (USA, Kanada)	2.1%
Lateinamerika	3.2%
China	4.8%
Indien	4.5%
Ostasien (Japan, Taiwan, Südkorea)	2.3%
Rest Asien	4.0%
Ozeanien	2.2%
Rest Der Welt	2.6%
Total	2.6%

Tabelle 6

Die folgende Figur zeigt, wie sich die Weltregionen im Niveau bis 2050 entwickeln werden. Mit den je Weltregion unterstellten Wachstumsraten wird sich das BIP in West- und Südeuropa sowie Nordamerika gegenüber 2000 um einen Faktor 2.5 bis 3 erhöhen, Osteuropa und Russland wachsen im Niveau um Faktor 4 bis 5 und in China verzehnfacht sich die Wirtschaftskraft unter den getroffenen Annahmen. Dennoch erreicht China bis 2050 erst rund 11% des Welt-BIP (Anteil 2000 6%), würde somit weiterhin hinter Westeuropa (13%), Ostasien (17%) und Nordamerika (30%) zu liegen kommen und eine gleich hohe Wirtschaftskraft wie Restasien (11%) aufweisen.

ABSOLUTE WACHSTUMSFAKTOREN DES BIP DER WELTREGIONEN ZWISCHEN 2000 UND 2050



Figur 23 Für Szenario 2 angenommene Referenzentwicklung: Reale Zunahme des BIPs in den verschiedenen Weltregionen bis 2050 gegenüber 2000.

Um die Entwicklung der Struktur zum Zustand der Weltwirtschaft für das Jahr 2050 handhabbar zu machen, wurde die Mehr-Regionen-IOT von 18 auf 5 Sektoren aggregiert (Landwirtschaft, Industrie, Baugewerbe, Verkehr und Dienstleistungen). Diese aggregierte IOT wurde dann auf das Jahr 2050 hochgerechnet und anschliessend, wie in Kapitel 5 beschrieben, wieder auf 18 Sektoren disaggregiert, wobei unterhalb der 5-Sektoren-Ebene nur für die Schweiz ein weiterer Branchenstrukturwandel berücksichtigt wurde. Dieser letzte Schritt wurde mit dem TRAS-Algorithmus durchgeführt (Gilchrist/St. Louis, 2004), der es erlaubt, eine ausgeglichene Matrix zu generieren, die gleichzeitig bestimmte vorher festgelegte Zusatzinformationen berücksichtigt.

Im weiteren Verlauf dieses Kapitels werden die wichtigsten Annahmen bei der Skizzierung der Weltwirtschaft 2050 vorgestellt.

Tabelle 7 enthält die Annahmen zur Entwicklung des Bruttoinlandsprodukts in den einzelnen Regionen und für die 5 aggregierten Wirtschaftssektoren.

WACHSTUMSRATEN DER SEKTOREN JE WELTREGIONEN						
	Insgesamt	1–5	10–41	45	60–63	Rest DL
CH	1.4%	0.7%	1.1%	1.1%	1.0%	1.6%
WEUR	1.9%	1.6%	1.4%	1.9%	1.9%	2.0%
SEUR	2.2%	1.9%	1.6%	2.2%	1.9%	2.4%
OEUR	2.8%	2.9%	2.6%	2.8%	2.6%	3.0%
RU	3.2%	3.3%	2.9%	3.3%	3.1%	3.3%
NAM	2.1%	1.4%	1.6%	2.1%	2.1%	2.3%
SAM	3.2%	3.0%	3.0%	3.2%	3.1%	3.3%
CN	4.8%	3.3%	4.1%	4.7%	5.3%	6.0%
IN	4.5%	2.4%	3.9%	4.3%	3.9%	5.5%
OASI	2.3%	2.1%	2.0%	2.2%	2.2%	2.5%
RASI	4.0%	3.3%	3.3%	4.0%	3.0%	4.8%
OCE	2.2%	2.3%	2.2%	2.2%	2.2%	2.3%

Tabelle 7: Quelle: Eigene Annahmen, EIA(2006), Kemfert (2007).

Zur Plausibilisierung der Annahmen haben wir basierend auf Bevölkerungsprognosedaten der UNO (mittlere Prognose) und den unterstellten BIP-Entwicklungen je Weltregionen das BIP pro Kopf in 2050 und seine Veränderung als Prüfgrößen gebildet. Die folgende Tabelle zeigt diese für den Quercheck verwendeten Informationen. Die unten dargestellte Information hat die Arbeitsgemeinschaft – im Wissen aller Unsicherheiten eines solchen Ausblicks bis 2050 – darin bestätigt, dass die vorgenommene Datentransformation keine groben Widersprüchlichkeiten oder Inkonsistenzen erkennen lässt.

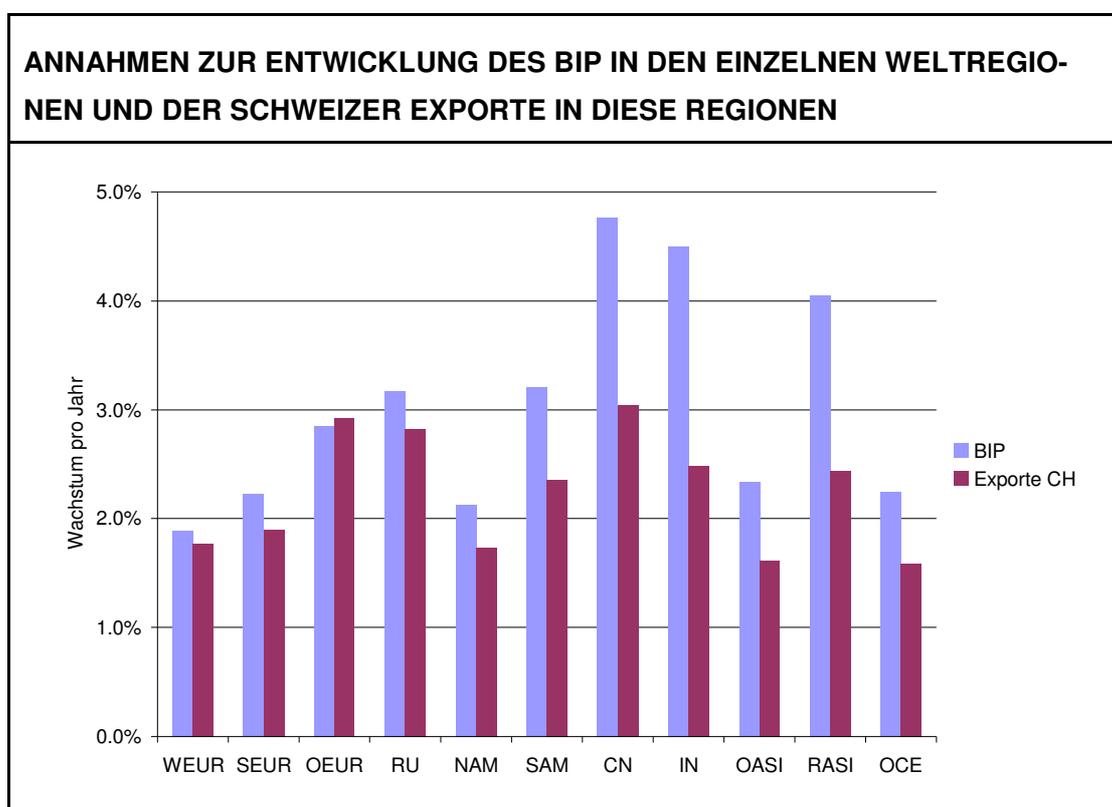
PLAUSIBILISIERUNG DER ANNAHMEN ZUR WELTENTWICKLUNG BIS 2050						
	BIP 2000 in Mio. US-\$	Bevölkerung 2002 in Mio.	BIP 2050 in Mio. US-\$	Bevölkerung 2050 in Mio	BIP pro Kopf 2050 in \$	Veränderung BIP pro Kopf und Jahr
WEUR	5235	265	13333	278	47924	1.8%
SEUR	1505	120	4521	115	39163	2.3%
OEUR	373	133	1519	108	14041	3.3%
RU	229	144	1089	112	9746	3.7%
NAM	11024	425	31594	577	54728	1.5%
SAM	1414	432	6841	642	10661	2.4%
CN	1115	1302	11447	1382	8284	4.6%
IN	355	1050	3209	1593	2015	3.6%
OASI	5489	196	17397	177	98471	2.5%
RASI	1570	1314	11417	2110	5410	3.1%
OCE	353	24	1070	34	31792	1.6%

Tabelle 8 Kennziffern der für Szenario 2 angenommene Referenzentwicklung 2000 – 2050 (USD 2000).

Schweiz 2050

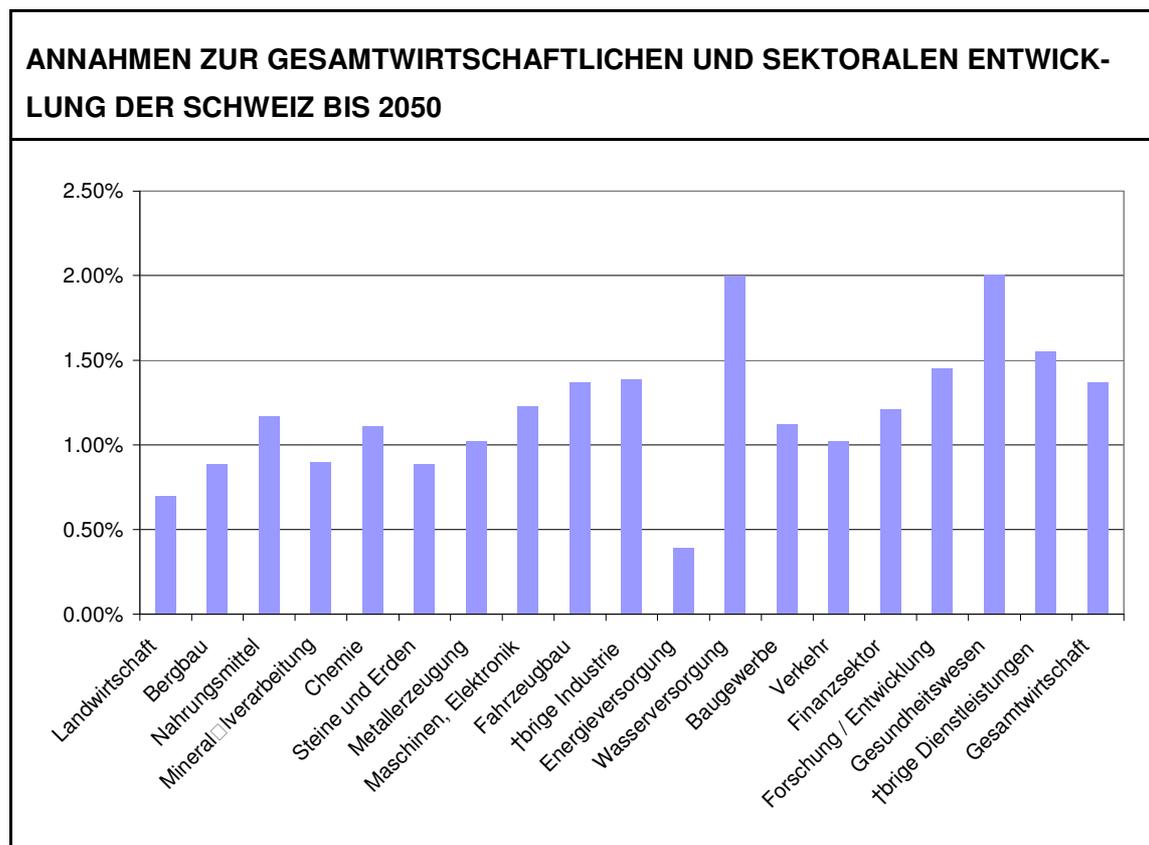
Die Annahmen zur Entwicklung der Schweizer Volkswirtschaft und der einzelnen Sektoren wurden auf der 18-Sektoren-Ebene getroffen und beruhen auf SECO (2004) und Ecoplan (2005) und den Projektionen, die im Rahmen der Arbeiten zu den Schweizer Energieperspektiven erarbeitet wurden. Insgesamt wird ein jährliches Wachstum von 1.4% unterstellt, wobei der Trend zur Dienstleistungsgesellschaft weiter anhält.

Das oben beschriebene Wachstum der einzelnen Weltregionen war auch massgebend für die unterstellte Entwicklung von Schweizer Exporten in die Weltregionen. Die folgende Figur zeigt, dass für die meisten Weltregionen die Exportentwicklung der Schweiz sehr eng an das Wachstum des BIP der Weltregionen gekoppelt ist. Für China und Indien und Restasien wurde diese enge Bindung etwas gelockert. Wir unterstellen, dass diese Regionen mit sehr hohen Wachstumsraten v.a. auch im Innern stark wachsen und die Nachfrage nach Exporten aus dem Ausland deshalb etwas unterproportional wächst. Ohne diese Annahme würde der Schweizer Export unplausibel stark wachsen.



Figur 24

Bezüglich des Aussenhandels gehen wir von einer zunehmenden weltwirtschaftlichen Verflechtung der Schweiz aus. Importe und Exporte steigen daher überproportional mit je rund 2% pro Jahr, so dass die Offenheit der Schweizer Volkswirtschaft, gemessen am Verhältnis des Durchschnitts von Importen und Exporten zum BIP um durchschnittlich 15%-Punkte (von 42% auf 57% des BIP) zunimmt.



Figur 25

Die Entwicklung des Schweizer Aussenhandels und seine regionale Verteilung bis zum Jahr 2050 stellen besonders unsichere Grössen dar, dementsprechend sind hier kaum Informationen verfügbar. In einer Studie des niederländischen CPB zur langfristigen Entwicklung Europas bis zum Jahr 2040, die mit dem globalen allgemeinen Gleichgewichtsmodell Worldscan durchgeführt wurde (Lejour, 2003), werden vier Szenarien gezeichnet, die sich insbesondere durch ihre Annahmen zur weiteren Entwicklung des Welthandels unterscheiden. Ein wichtiges Unterscheidungsmerkmal bezieht sich auf die Frage, ob Handelsbarrieren weltweit abgebaut werden und eine weltweite Integration der Regionen stattfindet, oder ob sich verschiedene Freihandelszonen (z.B. EU, Amerika) ausbilden, zwischen denen noch Handelsbarrieren existieren. Dementspre-

chend hat diese Unterscheidung auch starke Auswirkungen auf das Niveau und die Regionalstruktur des europäischen Aussenhandels. Für den Anteil des Aussenhandels am BIP wird eine Zunahme zwischen 5% und 15% prognostiziert. Der Anteil der Nicht-OECD-Länder am Aussenhandel der EU bewegt sich zwischen 20% und 35%.

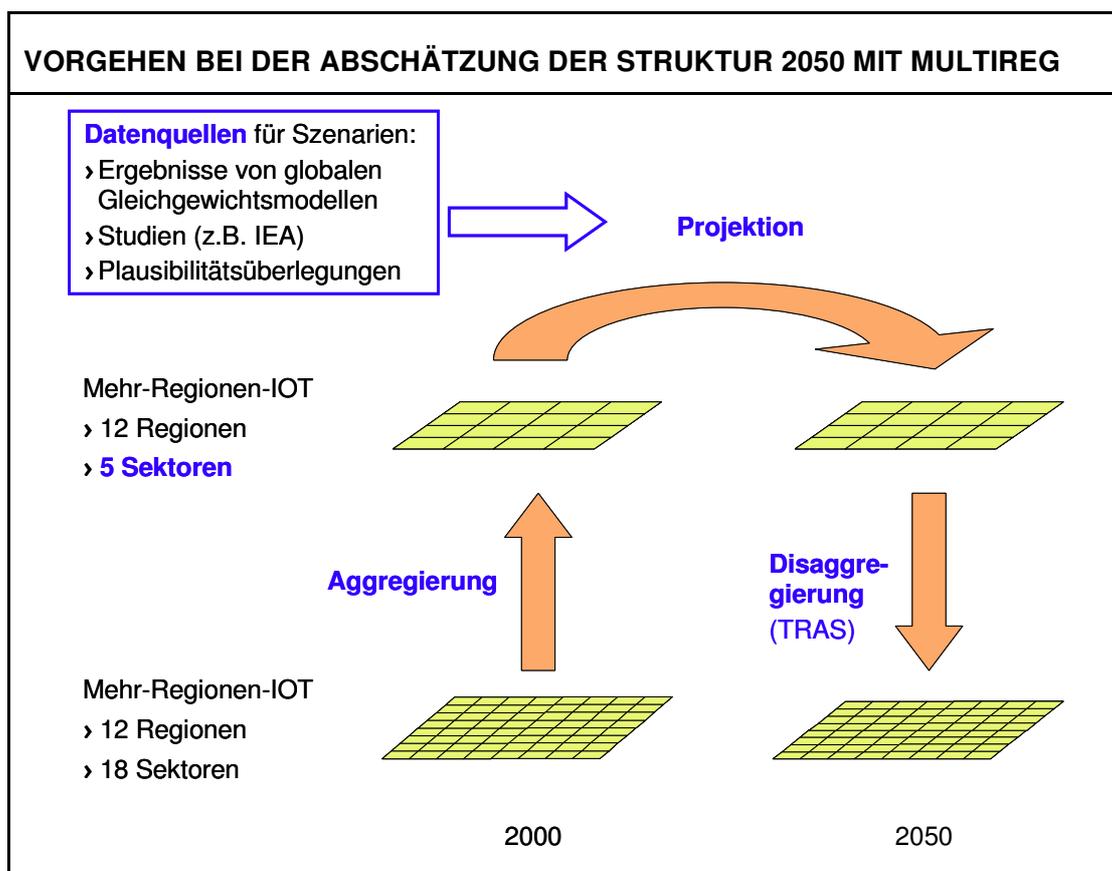
Unsere Annahmen für die Exporte der Schweiz gehen von einem mittleren Gesamtszenario aus, in dem bei zunehmender Verflechtung zwischen den Weltregionen von einer noch stärkeren wirtschaftlichen Integration innerhalb der einzelnen Wirtschaftsräume ausgegangen wird. Importe und Exporte steigen daher überproportional mit je rund 2% pro Jahr, so dass die Offenheit der Schweizer Volkswirtschaft, gemessen am Verhältnis des Durchschnitts von Importen und Exporten zum BIP, um durchschnittlich 15%-Punkte (von 42% auf 57% des BIP) zunimmt (vgl. Tabelle 9). Zudem nehmen wir an, dass die Exporte der Schweiz relativ proportional zum BIP-Wachstum in West- und Osteuropa, Russland sowie Nordamerika verlaufen, aber unterproportional zum BIP-Wachstum in Asien und Südamerika. Der Handel mit Asien weist dennoch auch in Zukunft merkliche Wachstumsraten auf. Die entsprechenden Eckwerte des Zustands 2050 diesbezüglich zeigt folgende Tabelle.

VERGLEICH VON AUSSENHANDEL UND BIP SCHWEIZ 2000 ZU 2050		
	Jahr 2000	Jahr 2050
Importe	93'054	256'133
Exporte	106'970	279'296
Importe/BIP	40%	54%
Exporte/BIP	45%	59%

Tabelle 9

Die oben beschriebenen Eckwerte wurden bei der Hochrechnung der aggregierten IOT auf das Jahr 2050 umgesetzt, indem Anpassungen bei der Endnachfrage und bei den Lieferungen zwischen den Wirtschaftssektoren bzw. zwischen Ländern vorgenommen wurden. Die resultierenden Ungleichgewichte zwischen Güteraufkommen und -verwendung wurden mit dem RAS-Algorithmus ausgeglichen. Bei der anschliessenden Disaggregation der IOT auf die ursprüngliche 18-Sektoren-Version wurde der TRAS-Algorithmus eingesetzt (Gilchrist/St. Louis, 2004). Dieser ist eine Erweiterung des häufig verwendeten Ausgleichsverfahrens RAS und erlaubt es, bei der Anpassung einer Matrix zusätzliche Vorgaben und Eckwerte zu berücksichtigen, die auf einer aggregierteren Ebene vorliegen. Für die Schätzung der disaggregierten 18-Sektoren-IOT 2050 wurden also die Informationen der IOT 2000 und der aggregierten 5-Sektoren-IOT 2050 kombiniert.

Zur Analyse dieses Szenario 2 wurde die Mehr-Länder-IOT des Modells MULTIREG dazu verwendet, einen möglichen Zustand der Weltwirtschaft im Jahr 2050 unter Berücksichtigung dieser Trends grob abzubilden. Sie dient als Grundlage für die Modellrechnungen zu den Auswirkungen des Klimawandels im Jahr 2050. Die folgende Figur zeigt das Vorgehen für Szenario 2 schematisch nochmals auf.



Figur 26

TEIL II: ANALYSEN, ERGEBNISSE UND SYNTHESE

5. ANALYSE DER AUSWIRKUNGEN DES KLIMAWANDELS AUF HAUPT-EINFLUSSKANÄLE NACH WELTREGIONEN

5.1. EINLEITUNG

Aktuelle Analysen zu den Auswirkungen des Klimawandels machen deutlich, dass sich der Klimawandel bereits in unterschiedlicher Weise und Masse auf die Weltregionen auswirkt (vgl. z.B. Tyndall Center 2006 und weitere Hintergrundberichte von Stern 2006). Abhängig von Wirtschafts- und Gesellschaftsstruktur sowie geografischer Lage sind einzelne Sektoren oder die Volkswirtschaft als Ganzes anfällig für die Veränderungen im Klimasystem.

Physische Aspekte des Klimawandels (Temperaturanstieg, Veränderung der Niederschlagsintensität, Anstieg der Meeresspiegel) wirken sich über verschiedene Einflusskanäle auf volkswirtschaftliche Grössen aus. In der Gesamtbetrachtung der verschiedenen Einflusskanäle können quantitative Aussagen über die entsprechend gefährdeten Anteile der Exporte und des Bruttoinlandprodukts (BIP) hergeleitet werden. Zusätzliche Faktoren, die wirtschaftlich von hoher Relevanz sind, jedoch nicht quantitativ in Bezug zum BIP erfassen, lassen sich in qualitativer Form darstellen. Dies betrifft z.B. die Dienstleistungsströme, die Migrationsströme oder die Entwicklung auf den Kapital- und Devisenmärkten. Dieses Kapitel gibt einen Überblick über die Wirkungen der Haupteinflusskanäle auf die Weltregionen und ist folgendermassen strukturiert:

Im folgenden Kapitel 5.2 wird die Vorgehensweise für die Analyse der Auswirkungen des Klimawandels auf Weltregionen beschrieben. Kapitel 5.3 beinhaltet einige grundsätzliche und theoretische Überlegungen zu den einzelnen Einflusskanälen und Kapitel 5.4 beschreibt erste Ergebnisse zu den Auswirkungen von Anpassungsmassnahmen. Die Ergebnisse für die einzelnen Weltregionen werden im Annex in Form einer Wirkungsmatrix illustriert (Annex A3). Im Annex befindet sich zudem ein Überblick über methodische Ansätze zur Berechnung von Klimaschäden (Annex A2).

5.2. VORGEHEN

Um die Auswirkungen des Klimawandels auf die Schweizer Volkswirtschaft bedingt durch internationale Veränderungen zu beschreiben, wurden die Klimawirkungen auf die Haupteinflusskanäle im Vergleich zwischen den verschiedenen Weltregionen analysiert. Dazu wurde in einem ersten Schritt eine vertiefte Literaturrecherche durchgeführt und bestehende Aussagen zu Auswirkungen des Klimawandels auf das physische System, die Ressourcen- und Sektorebene sowie weitere qualitative Kriterien gesammelt (vgl. Kapitel 5.3).

Die Ergebnisse der Berechnungen mit dem Modell WIAGEM (Kemfert 2002) dienen dabei als Ausgangspunkt für die Analyse. Mit diesem Modell werden mittlere Auswirkungen des Klimawandels auf die globale Wirtschaft in Höhe von 1.8% des weltweiten BIP bis 2050 berechnet. Diese BIP-Wirkungen des Klimawandels liegen zwischen sehr optimistischen Ergebnissen (z.B. Tol 2005), die teilweise bis 2050 positive Effekte des Klimawandels berechnen, und eher pessimistischen Studien, die teilweise auch abrupte Klimaänderungen mit einbeziehen.

Stern (2006) macht ebenfalls Aussagen zu den wirtschaftlichen Effekten des Klimawandels und fand kurz vor Beginn der Klimakonferenz in Nairobi im November 2006 breite Medienwirksamkeit, da er die Bedeutung des Klimawandels sowie die Notwendigkeit des schnellen Handelns in ein neues Licht rückt. Gleichwohl bietet Stern (2006) wenig Anknüpfungspunkte für diese Studie, da er sich auf den Zeithorizont 2200 bezieht und von einem exponentiellen Anstieg der Klimaschäden bis zu diesem Zeitpunkt ausgeht. Jedoch können aus Stern (2006) Aussagen zu den Sensitivitäten innerhalb der Szenarien sowie zu den Differenzen zwischen den Szenarien übernommen werden.

5.3. ÜBERLEGUNGEN ZUR WIRKUNGSMATRIX UND EINZELNEN KRITERIEN

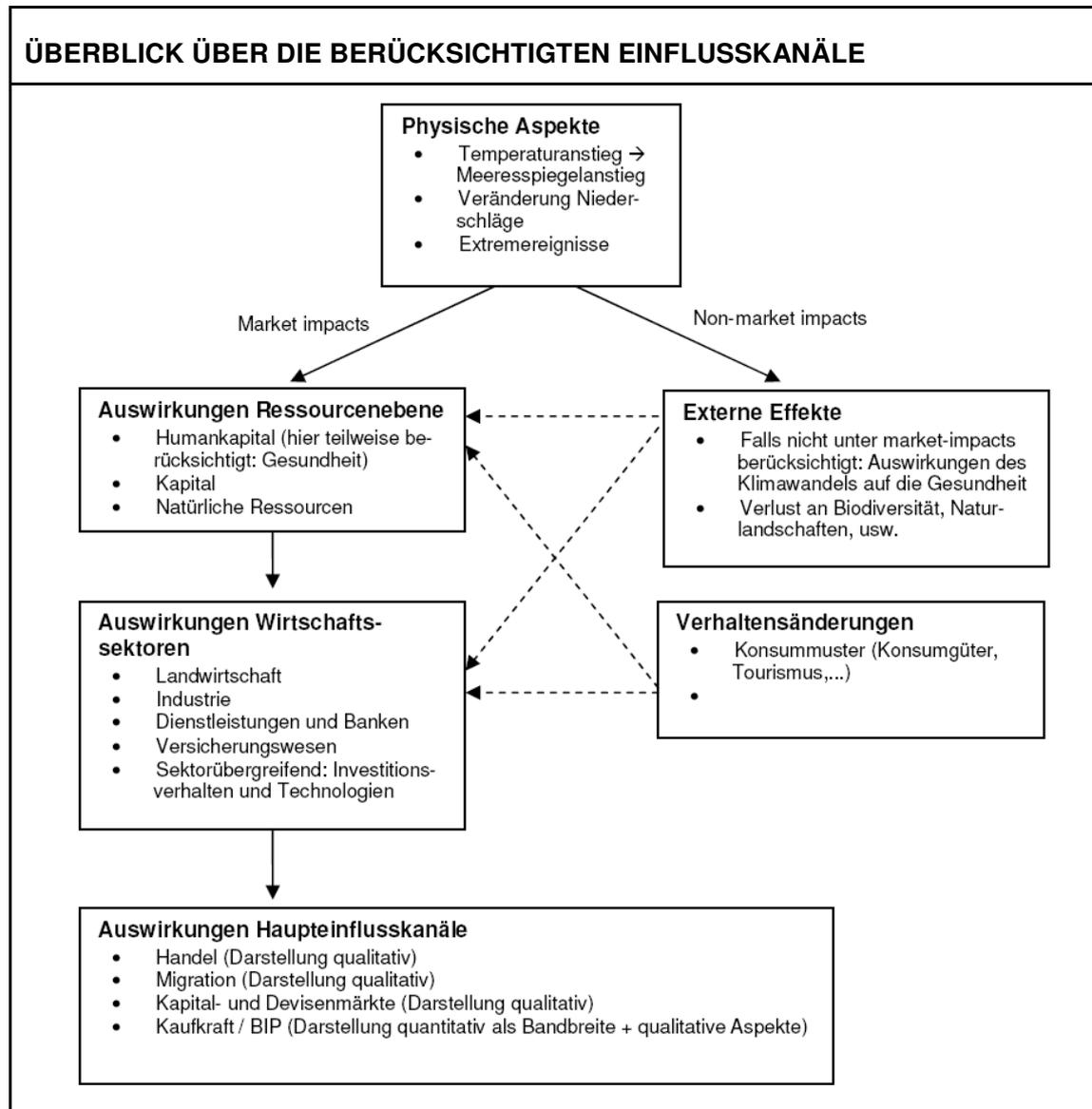
Die physischen Auswirkungen des Klimawandels ziehen Veränderungen auf der Ressourcenebene nach sich, die wiederum volkswirtschaftliche Grössen und einige relevante Wirtschaftsbereiche (Sektoren) direkt beeinflussen. Mit der anschliessenden Verdichtung der Ergebnisse können Aussagen zu den Auswirkungen des Klimawandels erhalten werden (Figur 27).

In der Wirkungsmatrix (siehe Annex A3) werden die verschiedenen Ebenen der Wirkungsketten dargestellt. Bestehende Studien, die für die Erstellung der Wirkungsmatrix wichtigen Input lieferten, enthielten oftmals auch Aussagen zu nicht direkt marktrelevanten Auswirkungen. Hierbei sind insbesondere Verhaltensänderungen in Folge des Klimawandels zu nennen, die indirekt Rückkopplungen auf die Ressourcen- und Sektorebene haben können. Weitere nicht

direkt marktrelevante Folgen können sich verstärkende Ungleichverteilung von Wohlstand und Kaufkraft innerhalb von Gesellschaften und zwischen Ländern sein. So sind Entwicklungsländer tendenziell stärker von den Auswirkungen des Klimawandels betroffen und haben weniger finanzielle Ressourcen für notwendige Anpassungen an den Klimawandel zur Verfügung. Auch innerhalb von Industrieländern können Verteilungsprobleme auftreten, z.B. haben ärmere Bevölkerungsschichten häufig schlechteren Zugang zu gekühlten Gebäuden und leiden somit stärker unter Hitzeperioden (vgl. IPCC 2007b). Da „non-market impacts“ sowie Verteilungswirkungen nur schwer zu beschreiben sind und häufig in komplizierten Wirkungsverhältnissen zu den Haupteinflusskanälen stehen, werden diese Aspekte in der weiteren Analyse nicht explizit berücksichtigt, sondern dienen vielmehr als Basis für die Herleitung der Sensitivitäten der "high" Variante .

Eine „Grauzone“ zwischen „market-“ und „non-market impacts“ stellen die Auswirkungen des Klimawandels auf die menschliche Gesundheit dar. Die monetäre Bewertung eines Menschenlebens und der menschlichen Gesundheit ist umstritten. Während einige Arbeiten auf den „value of statistical life“ zurückgreifen, wird von anderen Wissenschaftlern der absolute Schutzanspruch des menschlichen Lebens vor einer monetären Inwertsetzung propagiert. Etwas weniger umstritten ist die Berücksichtigung von Gesundheitsschäden bei den „market impacts“, da sich Krankheiten direkt auf die Arbeitsproduktivität der Bevölkerung und somit auf die gesamtwirtschaftliche Produktivität auswirken.

In der Berechnung mit „Integrated Assessment Models“ wird der Gesundheitsbereich als Submodell berücksichtigt. Bei Tol (2002a) sowie Kemfert (2002) werden verschiedene Auswirkungen des Klimawandels, die sich direkt auf das „Humankapital“ auswirken (Sterbefälle aufgrund anhaltender hoher bzw. niedriger Temperaturen, Todesfälle durch vermehrt auftretende Malaria, Schistosomiasis und Dengue-Fieber, häufigere Erkrankungen der Atemwege) als Funktion der Temperaturänderung dargestellt. Die dort angegebenen Bandbreiten repräsentieren in der Wirkungsmatrix die Auswirkungen des Klimawandels auf die Gesundheit.



Figur 27

5.3.1. PHYSISCHE AUSWIRKUNGEN

Die Darstellung der physischen Auswirkungen des Klimawandels für die einzelnen Weltregionen dient als Hintergrund bzw. als Grundlage für die Herleitung der ökonomischen Wirkungsketten. Die physischen Auswirkungen umfassen die Veränderung der Durchschnittstemperatur und der Summe der Niederschläge sowie der Anstieg des Meeresspiegels.

Aussagen zu Extremereignissen wurden ebenfalls in der Wirkungsmatrix aufgenommen. In einigen Studien ist jedoch nicht genau dargestellt, ob und in welcher Form Extremereignisse

berücksichtigt sind. Da die meisten Aussagen zu ökonomischen Faktoren als Durchschnittswerte und in Form von Bandbreiten dargestellt sind, wurden Extremereignisse („high impact/low probability“-Ereignisse) mit den anderen Aussagen gemittelt. Die oberen Werte der Bandbreiten der aggregierten Aussagen beziehen sich meist auf Ergebnisse, in denen Extremereignisse mit berücksichtigt sind.

Auswirkungen eines abrupten Klimawandels sind in der Wirkungsmatrix nur für einige Weltregionen aufgenommen worden. Aufgrund geringer wissenschaftlich fundierter Studien und Erkenntnisse wurden derartige Auswirkungen in der weiteren Analyse unberücksichtigt gelassen oder nur fallweise in qualitativer Form dargestellt.

5.3.2. RESSOURCENEbene

Humankapital: Der Klimawandel wirkt sich über verschiedene Einflusskanäle auf die menschliche Gesundheit aus. Der Anstieg der durchschnittlichen Lufttemperatur hat je nach geographischer Lage unterschiedliche Folgen. Während in eher „kalten“ Nordregionen die Sterbefälle aufgrund des Rückgangs von Kälteopfern abnehmen, fordern heissere Sommer und extremere Temperaturen zunehmend Todesopfer in den südlich gelegenen „warmen“ und gemässigten Regionen (vgl. Stern 2006, S. 126).

Über den Temperaturanstieg und veränderte Niederschlagssummen fördert der Klimawandel die Ausbreitung von tropischen Krankheiten wie Malaria, Dengue- oder Gelbfieber (IPCC 2001, Ch. 9, Roy 2006, S.32). Die Menschen in Entwicklungs- und Schwellenländern sind aufgrund der weniger soliden Wohnbedingungen und der häufig unzureichenden Hygienestandards wesentlich stärker von diesen Effekten betroffen und deshalb anfälliger für Krankheiten im Gegensatz zu den Bewohnern der Industriestaaten.

Der Einfluss des Temperaturanstiegs auf die Arbeitsproduktivität ist hingegen in den bestehenden Studien nur ansatzweise berücksichtigt und wird daher in der weiteren Analyse nicht mit einbezogen.

Kapital: Der Klimawandel hat konkrete Auswirkungen auf die Kapitalbildung bzw. die Kapitalerträge. Klimaschäden am Kapitalstock (inklusive Immobilien, Infrastruktur etc.), welche insbesondere durch extreme Wetterereignisse hervorgerufen werden, führen dazu, dass Investitionen nicht vollständig abgeschlossen und die Kapitalerträge nicht voll realisiert werden können. Dadurch entsteht dauerhaft eine erhöhte Nachfrage nach Kapital, die nur durch einen gleichzeitigen Anstieg der Zinsen befriedigt werden kann. Dies könnte als „Risikozuschlag“ für den Kapitalgeber beschrieben werden. Grundsätzlich erhöht der Klimawandel das Risiko für

Investitionen, so dass auch das Risiko für Kapitalgeber steigt. Dies wirkt sich wiederum auf das Spar- und Konsumverhalten aus: bei höherem Zinssatz steigt der Anreiz zum Sparen, es wird weniger konsumiert und das Wirtschaftswachstum wird gebremst.

Dieser Effekt ist zwar für alle Weltregionen relevant, bisher gibt es jedoch keine Studien in denen dieser Effekt explizit berücksichtigt wird. Auch die Versicherungswirtschaft und das Bankwesen scheinen sich bisher mit diesem indirekten Effekt des Klimawandels noch nicht ausgiebig beschäftigt zu haben. Dies liegt u.a. daran, dass die Kapitalmärkte durch eine ganze Reihe anderer Faktoren beeinflusst werden, gegenüber denen der Klimawandel nur eine untergeordnete Rolle spielt (laut Kommunikation mit der Allianz, Dresdner Economic Research).

Der Kapitalmarkt wird darüber hinaus über die verstärkten Investitionen in Anpassungsmassnahmen beeinflusst. Ein Grossteil der Studien geht davon aus, dass Investitionen in Anpassungsmassnahmen, die als unproduktive Investitionen gelten, zunehmend „konventionelle“, d.h. produktive Investitionen verdrängen und somit das Wachstum des Kapitalstocks bremsen werden (vgl. Kemfert 2002, S. 286). Die verstärkte Diskussion über die Bedeutung von Anpassungen an den Klimawandel führte zu einer Reihe von Studien, die die Kosten von Massnahmen für verschiedene wirtschaftliche Sektoren aufzeigen. Aussagen für einzelne Weltregionen liegen bisher noch nicht detailliert vor, können jedoch auf Basis der allgemeinen Informationen hergeleitet werden (siehe Abschnitt 5.4). Die Ergebnisse gehen bisher nur in allgemeiner Form in die Wirkungsmatrix ein.

Der Kapitalmarkt wird zudem durch die Höhe der Staatsausgaben beeinflusst. Der Klimawandel erfordert auf mehreren Ebenen einen Anstieg der staatlichen Ausgaben (z.B. für Schäden an Infrastruktur und öffentlichen Gütern, die durch staatliche Aufwendungen kompensiert werden müssen), die höhere Steuern nach sich ziehen können. Damit stünden weniger Mittel für Sparen und Konsum zur Verfügung. In der Literatur werden diese Folgeeffekte ohne Differenzierung lediglich unter die Kosten für Anpassungsmassnahmen und die Folgekosten von Extremereignissen subsumiert. Insofern können hierzu nur allgemeine Aussagen gemacht werden.

Natürliche Ressourcen: Die quantitativen Aussagen von Modellierungsstudien zu den Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasserhaushalt sind mit grösseren Unsicherheiten behaftet als die Berechnungen zu Temperaturentwicklungen. Da die Änderungen im Wasserhaushalt weitreichende Auswirkungen auf einzelne Sektoren sowie die gesamtwirtschaftliche Entwicklung haben, werden sie so weitgehend wie möglich in der Wirkungsmatrix berücksichtigt.

5.3.3. SEKTOREBENE

Landwirtschaft: Der Klimawandel wirkt sich auf Landnutzung, Ökosysteme und landwirtschaftliche Erträge aus. Veränderungen im Klima führen zu einer Verschiebung von Ökozonen und damit zu Veränderungen in der Artenzusammensetzung, was Verlust von Biodiversität zur Folge haben kann. Für die Landwirtschaft, vor allem in gemässigten Breiten, können die Folgen positiv sein, wenn neue Landstriche für die landwirtschaftliche Produktion nutzbar werden, während in anderen Gegenden der Landverlust, z.B. aufgrund von Meeresspiegelanstieg oder Wassermangel, gravierende Einschränkungen für die Bewirtschaftung nach sich zieht.

Die Produktivität land- und forstwirtschaftlicher Systeme wird in unterschiedlicher Weise betroffen sein. Der Ertrag und die Qualität landwirtschaftlicher Produkte hängen stark von Temperatur- und Niederschlagsbedingungen ab. Dabei unterscheiden sich die Optima für verschiedene Pflanzen. Insbesondere in kalten Regionen mit langen Wintern liegen die optimalen Temperaturen für die landwirtschaftliche Produktion über den derzeitigen Durchschnittstemperaturen, so dass der Klimawandel dort zu einem Anstieg der landwirtschaftlichen Produktion führen würde. In den südlichen bzw. trockenen Regionen führt der Klimawandel häufig dazu, dass die landwirtschaftlichen Erträge abnehmen. Ein weiterer Faktor, der die Produktivität tendenziell positiv beeinflusst, ist die erhöhte CO₂-Konzentration in der Atmosphäre, die in vielen Fällen einen Düngeneffekt ausübt. Eine Vielzahl von Studien liegt für diesen Bereich vor, die Aussagen für die unterschiedlichen Weltregionen zulassen. Die wichtigsten Ergebnisse werden in der Wirkungsmatrix dargestellt und im Hinblick auf Aussagen zu den Haupteinflusskanälen verdichtet.

In Studien, die auf „Integrated Assessment Models“ basieren, werden meist lineare Zusammenhänge zwischen landwirtschaftlicher Produktion und Temperaturanstieg sowie Veränderung der Niederschlagshäufigkeit unterstellt (vgl. Tol 2002a und 2002b). Deke et al. (2001) weisen jedoch darauf hin, dass diese Zusammenhänge nach Überschreiten eines bisher nicht bekannten „threshold level“ nicht mehr relevant sein könnten (Deke et al. 2001, S. 36f.).

Industrie: Für den Industriebereich gibt es relativ wenig Aussagen dazu, wie sich der Klimawandel auf die Produktionsbedingungen und die Wettbewerbsfähigkeit einzelner Sektoren auswirkt. Die Studien fokussieren viel mehr auf die verschiedenen Vermeidungsstrategien und ihren Einfluss auf die Wettbewerbsfähigkeit einzelner Wirtschaftsbereiche (Emissionshandel, CO₂-Steuern, Ordnungsrecht etc.).

Insgesamt wird häufig von der Annahme ausgegangen, dass die Gefährdungen bei Industrie und den meisten Dienstleistungen geringer sind als in Sektoren wie Land- und Wasserwirtschaft, die offensichtlich stärker von klimatischen Bedingungen abhängig sind. In relevanten Arbeiten

wird allerdings der Energiesektor als vulnerabel identifiziert (IPCC 2007b, chapter 7). Sowohl der Energiebedarf, die Erzeugung und die Verteilernetze, als auch in Folge die industrielle Produktion werden von den Auswirkungen des Klimawandels über verschiedene Einflussfaktoren direkt und indirekt betroffen sein:

- › Energieintensive Industrien sind stark von einem gleichmässigen Angebot von Energie abhängig, das u.U. durch den Klimawandel eingeschränkt werden kann.
- › Klimabedingte Zerstörungen von Infrastruktur erhöhen die Transportkosten und somit die Kosten für Vorleistungen.
- › Industrieanlagen an gefährdeten Standorten, insbesondere an Küsten und überflutungsgefährdeten Flüssen, können durch Hochwasser, Meeresspiegelanstieg und Stürme gefährdet werden.
- › Lebensmittel- und Papierindustrie, die auf pflanzliche Rohstoffe angewiesen sind, könnten von Änderungen in der Produktivität land- und forstwirtschaftlicher Systeme betroffen sein (IPCC 2007b, Ch. 7).
- › Temporäre Unterbrechungen der Wasserversorgung aufgrund zunehmender Wasserknappheit könnten Industriebetriebe dazu zwingen, die Produktion einzustellen, was zu wirtschaftlichen Einbussen führen kann.

In der Literatur gibt es bisher nur vereinzelte Aussagen zu Auswirkungen z.B. auf Häfen und Industriestandorte in gefährdeten Bereichen. Für die Energieproduktion gibt es eine Reihe von Aussagen, die jedoch stark voneinander abweichen. Dies hängt damit zusammen, dass insbesondere die Entwicklung auf dem Energiemarkt von der weiteren Entwicklung der Brennstoffpreise sowie von regionalen und internationalen Vermeidungsstrategien abhängt. Aussagen zum Industriebereich wurden in die Wirkungsmatrix aufgenommen. Falls möglich wurden sie bei der Analyse der Haupteinflusskanäle berücksichtigt.

Dienstleistungen und Banken: In diesem Bereich sind sehr unterschiedliche Aspekte zusammengefasst. Insbesondere der Tourismus- und Freizeitbereich, für den knapp 10% des globalen BIP ausgegeben werden, wird sich durch den Klimawandel stark verändern (Tol 2006, S. 913). In Europa beispielsweise werden vermutlich südliche Reiseziele aufgrund des Temperaturanstiegs weniger frequentiert werden, während bisher als zu kühl erachtete Reiseziele in nördlicheren Regionen attraktiver werden. Wintersport in Bergregionen wird generell aufgrund von abnehmenden Niederschlagsmengen und damit einhergehendem Schneemangel beeinträchtigt. Die meisten Studien, die sich mit den Auswirkungen des Klimawandels auf den Wirtschaftszweig Tourismus in bestimmten Ländern oder Regionen beschäftigen, warnen davor, dass Touristen-

ziele durch den Klimawandel an Attraktivität insgesamt verlieren werden. Es liegen allerdings keine quantitativen Bewertungen zu den zu erwartenden wirtschaftlichen Verlusten vor (IPCC 2007b).

Zu den Auswirkungen des Klimawandels auf den Banksektor gibt es bisher kaum Studien¹². Die Versicherungswirtschaft hat sich detailliert mit den Auswirkungen des Klimawandels auseinandergesetzt, die Banken sehen anscheinend den Klimawandel nach wie vor als untergeordneten Einflusskanal. Es können jedoch Aussagen zu anderen Kriterien hergeleitet werden:

- › Kredite werden in Zukunft teurer. Dies kann anhand zweier Einflusskanäle erklärt werden.
 - i) Extremereignisse ziehen eine erhöhte Nachfrage nach Kapital nach sich, ii) der Klimawandel wirkt sich negativ auf die den Krediten zugrunde liegenden Sicherheiten aus (z.B. landwirtschaftliche Fläche als Sicherheit für einen Kredit, welche aufgrund von Auswirkungen des Klimawandels nicht mehr nutzbar sein könnte). Dieses höhere Risiko wälzen die Banken über höhere Kreditzinsen auf ihre Kunden ab.
- › Zudem wird sich die Attraktivität einzelner Anlageformen verändern. Kaum zu erwarten ist jedoch, dass Immobilien zukünftig als Anlageform an Attraktivität verlieren werden.

Versicherungswirtschaft: Insbesondere aufgrund der Zunahme von Extremereignissen verursacht der Klimawandel verstärkt Schäden an versicherten Gütern. Für die Versicherungsgesellschaften und die Rückversicherer steigt die Unsicherheit bei der Kalkulation von Schadensereignissen. Mittlerweile haben die Versicherungsgesellschaften jedoch komplexe Systeme zur Berechnung von potentiellen Schäden entwickelt. So wird z.B. jedem Haus in Deutschland ein Hochwasserrisiko zugeordnet. Wer sein Haus zu nahe an einen Fluss gebaut hat, hofft vergebens auf eine bezahlbare Police.

Aufgrund schwer kalkulierbarer Risiken von Extremereignissen benötigen die grossen Versicherungsgesellschaften und Rückversicherer ein erhöhtes Risikokapital. Dieses Kapital ist somit nicht als produktives Kapital verfügbar und bremst das Wirtschaftswachstum. Zudem wird die Erschliessung neuer Versicherungsmärkte, die stark von den Folgen des Klimawandels betroffen sind, unattraktiv. Dies betrifft insbesondere Schwellen- und Entwicklungsländer, in denen das Versicherungssystem bisher kaum ausgebaut ist und extreme Wetterereignisse daher die wirtschaftliche Entwicklung stark beeinträchtigen (UNEP FI, S. 16).

Bereits heute sind nicht alle wetterbedingten Schäden versichert (vgl. ABI 2005, S. 12). Bei höheren Unsicherheiten bezüglich Art und Ausmass ist es möglich, dass Versicherungen nur

¹² Die UBS hat Ende Januar 2007 eine erste Studie zum Thema Klima und Auswirkungen auf Investitionen veröffentlicht.

noch einen Teil der Schäden übernehmen können. Dadurch wird das Risiko des Klimawandels verstärkt auf private Haushalte verlagert, was wiederum deren Spar- und Konsumverhalten beeinflusst.

Es wurden bereits neue Instrumente entwickelt, mit denen der Bedarf der Versicherungsgesellschaften nach erhöhtem Risikokapital gedeckt werden kann:

- › „Risiko-Swap“ = Austausch von Risiken zwischen Versicherungsunternehmen. Beispiel: Sturm Europa gegen Erdbeben Japan mit einem oder mehreren Versicherern (vgl. Internetseiten Munich Re).
- › Teilweise werden sog. „Katastrophenbonds/Cat Bonds“ geschaffen, über die das zusätzliche Risikokapital finanziert wird (vgl. UNEP FI, S. 18). Die Versicherungsgesellschaften verlagern ihr erhöhtes Risiko somit auf den Kapitalmarkt (risikofreudige Anleger).
- › In Entwicklungsländern könnten Mikrofinanz-Initiativen als Reaktion auf Klimaauswirkungen ausgeweitet werden (IPCC 2007b, S. 21/22).

5.3.4. AUSWIRKUNGEN AUF HAUPT EINFLUSSKANÄLE

In Kapitel 3 wurden die Haupteinflusskanäle bestimmt, über die der Klimawandel direkte oder indirekte Auswirkungen auf die Schweizer Volkswirtschaft haben könnte. Im Folgenden werden die wichtigsten Auswirkungen auf die Haupteinflusskanäle mit Perspektive auf die unterschiedlichen Weltregionen aufgeführt.

Handelsströme

Die Handelsströme zwischen den verschiedenen Weltregionen werden über verschiedene Kanäle beeinflusst:

- › Klimawandel führt direkt zu Veränderungen der landwirtschaftlichen Produktion und somit zu veränderten Handelsströmen.
- › Generell ändert sich die relative Wettbewerbsfähigkeit verschiedener Regionen durch den Klimawandel; dadurch können sich Handelsströme verschieben (IPCC 2007b, Ch. 7).
- › Bei der industriellen Produktion ist es vorstellbar, dass einzelne Produkte in bestimmten Regionen (z.B. küstennahen Standorten) nicht mehr gefertigt werden können. Bevor es jedoch zu einer Verlagerung der industriellen Produktion zwischen Weltregionen kommt, wird die Verlagerung zunächst innerhalb der Länder stattfinden (z.B. von der Küste in höher gelegene Gebiete).

- › Der Klimawandel bremst tendenziell das Wirtschaftswachstum in Entwicklungsländern, so dass dort die Nachfrage nach Produkten aus Industriestaaten nicht so schnell ansteigt wie im Baseline-Szenario ohne Klimawandel. Dies hat direkte Auswirkungen auf deren BIP.
- › Der Wiederaufbau von Infrastruktur und Immobilien sowie die weitere Schadensbehebung führen zu ähnlichen Auswirkungen auf das BIP und damit auf die Wirtschaftsfähigkeit des Landes (Importfähigkeit sinkt).
- › Es kann zu einem verstärkten Import von Anpassungstechnologien (z.B. für effizientere Wassernutzung) aus Industriestaaten in Entwicklungsländer kommen.
- › Veränderung in Bevölkerungszahl, z.B. durch Migration, beeinflussen die Handelsströme in absoluter Form.
- › Veränderung in Konsumstrukturen (z.B. vermehrte Ausgaben für Gesundheit, Sicherung der Grundbedürfnisse etc.) wirken sich auf Handelsströme aus.

Andere:

Devisen- und Kapitalmarkt: Zu den Auswirkungen des Klimawandels auf Devisen- und Kapitalmärkte liegen bisher kaum Untersuchungen vor, da sie durch eine Vielzahl von Faktoren beeinflusst werden (z.B. weitere Globalisierung, Bevölkerungsentwicklung usw.) unter denen der Klimawandel derzeit eine untergeordnete Rolle einnimmt. Allerdings wirken die Auswirkungen des Klimawandels indirekt auf zahlreiche Faktoren, die für die Entwicklung der Kapitalmärkte ausschlaggebend sind. Zusätzlich zu den Punkten, die bereits im Kapitel 3 behandelt wurden, sind folgende Aspekte noch zu ergänzen:

- › Auch die privaten Haushalte müssen sich an den Klimawandel anpassen (z.B. erhöhte Ausgaben für Klimaanlage im Sommer, höhere Ausgaben für Gesundheit, höhere Versicherungsprämien in gefährdeten Gebieten etc.). Ihnen verbleibt also ein geringeres Einkommen für Sparen und es steht weniger Kapital auf dem Kapitalmarkt zur Verfügung.
- › Durch Extremereignisse entstehen „peaks“ in der Kapitalnachfrage. Eventuell ist in einem Land bzw. einer Weltregion nicht ausreichend Kapital verfügbar, um die Schäden zu reparieren. Daher muss ein Teil des Kapitalbedarfs im Ausland gedeckt werden (falls der Staat eine Sicherung vor solchen Schäden leistet, muss dieser die Schulden im Ausland aufnehmen).

Kaufkraft / BIP: Mit dem „Integrated Assessment Modell“ liegen für die hier relevanten Weltregionen Aussagen zu den Auswirkungen des Klimawandels auf das Bruttoinlandsprodukt für verschiedene Zeithorizonte vor (vgl. Kemfert 2002, S. 295). Figur 28 fasst die Ergebnisse von Kemfert (2002) für die Jahre 2030 und 2050 zusammen. Die im Modell WIAGEM zugrunde

gelegte Baseline-Entwicklung des BIP sowie deren Veränderung durch den Klimawandel werden dargestellt. Für die Jahre 2030 und 2050 ist die Baseline-Entwicklung des BIP (ohne Klimawandel) in absoluten Werten dargestellt. Die Auswirkungen des Klimawandels auf das BIP sind als prozentuale Veränderung dieser Werte abgebildet.

Kempfert 2002, S. 295	2030		2050	
	Baseline abs. in Bio. US\$ (2000)	Veränderung durch Klimawandel in %	Baseline abs. in Bio. US\$ (2000)	Veränderung durch Klimawandel in %
EU 15	17,8350	-0,7	22,3434	-0,7
USA	20,5326	-0,6	28,4430	-0,7
Russia, Eastern & Central Europe	1,6319	-1,2	2,5290	-1,3
China	1,5410	-2,8	2,4536	-3,5
Japan	8,5425	-0,6	12,3113	-0,7
South and Southeast Asia	0,7231	-2,0	1,1350	-2,3
Latin and South America	4,4795	-1,3	6,3719	-2,2
Asia (including India)	4,7793	-3,7	8,4127	-5,9
Canada, Australia, New Zealand	1,5029	-0,7	1,8669	-0,8
Rest of the world	2,3901	-0,7	3,3137	-0,8
Global total	67,02	-0,7	94,28	-1,8

Figur 28 Veränderungen des BIP mit Klimawandel gegenüber dem Baseline-Szenario ohne Klimawandel (in Prozent) nach Kempfert (2002).

Figur 29 stellt die Auswirkungen des Klimawandels auf die wirtschaftliche Entwicklung der verschiedenen Weltregionen nach Berechnungen von Tol (2002) dar. Der Zeithorizont ist nicht eindeutig dargestellt, Zielwerte sind ein Temperaturanstieg von 1°C und ein Meeresspiegelanstieg von 0.2m (nach Tol (2002) könnte dieses Szenario bis 2050 eintreffen). Die mittlere Spalte bildet die Auswirkungen in absoluten Werten als Nutzen oder Schäden ab. Positive Werte weisen auf einen Nettonutzen durch den Klimawandel hin. Negative Werte bedeuten, dass die jeweilige Volkswirtschaft negativ vom Klimawandel betroffen ist. Die letzte Spalte stellt die Auswirkungen des Klimawandels als prozentualen Wert des Einkommens dar. Für die weltweite Entwicklung sind drei verschiedene Werte angegeben. Der Wert „average value“ berücksichtigt durchschnittliche Preise für non-market values. Insbesondere aufgrund der Auswirkungen des Klimawandels auf die Gesundheit kehrt sich bei diesem Wert das Vorzeichen gegenüber der einfachen Summenbildung um.

Tol (2002a)¹³, S. 64f.	Auswirkungen bei 1 °C Temperaturanstieg und 0.2 Meter Meeresspiegelanstieg (nach Tol: bis 2050)	
	Jährl. Auswirkungen in Mia. US\$ (+ Nutzen, – Schäden)	In % des Einkommens
OECD-Amerika	+175	+3.4%
OECD-Europa	+203	+3.7%
OECD-Pazifik	+32	+1.0%
Central&Eastern Europ. & fSU	+57	+2.0%
Middle East	+4	+1.1%
Latin America	-1	-0.1%
South&Southeast Asia	-14	-1.7%
Centrally Planned Asia	+9	+2.1%
Africa	-17	-4.1%
Global (simple sum)	+448	+2.3%
Global (average value)	-522	-2.7
Global (equity-weighted sum)	+40	+0.2%

Figur 29 Wirtschaftliche Auswirkungen des Klimawandels nach Tol (2002a).

Figur 30 stellt die Auswirkungen des Klimawandels als prozentuale Veränderung des Konsums dar, wobei sich durch die Wahl der Diskontrate auch weit in der Zukunft anfallende Klimaschäden auf den heutigen Konsum auswirken. Stern (2006) verwendet Konsum als Nutzenmass für die wirtschaftliche Entwicklung. Er berechnet die wirtschaftlichen Auswirkungen des Klimawandels mit Hilfe des Modells PAGE2002 für verschiedene Klimaszenarien („baseline“ und „high climate“) und unter Berücksichtigung der verschiedenen Wirkungskategorien. Die in Figur 30 aufgeführten Angaben sind jedoch mit den Berechnungen mit WIAGEM (Kemfert 2002) nicht zu vergleichen, da sie nicht als konkrete Veränderungen des BIP zu verstehen sind und sich nicht auf den Zeitpunkt 2050 beziehen. Vielmehr erscheint für die Wahl der in dieser Studie verwendeten Varianten "medium" und "high" die Sensitivität innerhalb der Stern-Szenarien („mean“ und „95% Perzentil“) sowie die Differenz zwischen den Szenarien interessant.

¹³ Baseline aus World Resources Database of the World Resources Institute.

Stern 2006, S. 163				
Scenario		Balanced growth equivalents: % loss in current consumption due to climate change between 2001 and 2200		
Climate	economic	Mean	5 th percentile	95 th percentile
Baseline climate	Market impacts	2.1	0.3	5.9
	Market impacts + catastrophe	5.0	0.6	12.3
	Market impacts + catastrophe + non-market imp.	10.9	2.2	27.4
High climate	Market impacts	2.5	0.3	7.5
	Market impacts + catastrophe	6.9	0.9	16.5
	Market impacts + catastrophe + non-market imp.	14.4	2.7	32.6

Figur 30 Auswirkungen des Klimawandels auf die globale Wirtschaft für sechs verschiedene Szenarien nach Stern (2006).

Arbeit und Migration: Der Klimawandel führt in einigen Regionen zu verstärktem Migrationsdruck, z.B. in stark durch Überschwemmung gefährdeten Gebieten. Dies hat wiederum Auswirkungen auf die Ressourcenebene (Humankapital) und auf das Wirtschaftswachstum in den unterschiedlichen Regionen. Es gibt eine Vielzahl von Studien zum Thema „Umweltflüchtlinge“, die jedoch noch nicht vollständig ausgewertet wurden. Bisher wurden in der Wirkungsmatrix nur Ergebnisse aus Studien mit „Integrated Assessment Models“ aufgenommen. Eine methodische Schwierigkeit besteht darin, die Einflüsse des Klimawandels von anderen Faktoren, die ebenfalls Migration hervorrufen oder beeinflussen, zu trennen, besonders da diese (z.B. wirtschaftliche Entwicklung, Konflikte) sich überlappen und gegenseitig verstärken können.

5.4. AUSWIRKUNGEN VON ANPASSUNGSMASSNAHMEN

Die Vulnerabilität von Ressourcen und Wirtschaftssektoren und somit von ganzen Volkswirtschaften bzw. Wirtschaftsregionen für Auswirkungen des Klimawandels kann durch Anpassungsmassnahmen reduziert werden. Dementsprechend würden einige der oben beschriebenen Auswirkungen entweder gar nicht, verzögert oder in geringerem Ausmass eintreten.

Die direkten Auswirkungen des Klimawandels auf einzelne Wirtschaftsbereiche sowie auf die menschliche Gesundheit und natürliche Ressourcen würden durch Anpassungsmassnahmen verringert, so dass die Handelsströme eher dem Business-as-usual-Szenario (ohne Klimawandel)

entsprechen würden. Gleichzeitig sind Anpassungsmassnahmen sowohl im öffentlichen als auch im privaten Bereich mit erheblichen Investitionen verbunden, die somit nicht für produktive Investitionen zur Verfügung stehen bzw. die Kaufkraft der privaten Haushalte reduzieren. Bei reduzierter Kaufkraft und geringerem Wirtschaftswachstum werden wiederum die Handelsströme beeinflusst. Da wenig quantifizierte Ergebnisse zu den Kosten von Anpassungsmassnahmen vorliegen, ist bisher keine abschliessende Aussage zu den Kosten möglich. Da der Klimawandel jedoch bereits heute erkennbar ist und die Klimaauswirkungen zumeist nicht vollständig vermeidbar sind, ist anzunehmen, dass sich selbst unter Berücksichtigung von Anpassungsmassnahmen negative Folgen für die langfristige wirtschaftliche Entwicklung weltweit ergeben.

Industriestaaten, in denen innovative Technologien entwickelt werden, können von Anpassungsbemühungen in weniger entwickelten Weltregionen über den Transfer von Technologien profitieren. Im Folgenden sind Anpassungsmassnahmen für verschiedene vulnerable Bereiche dargestellt, aus denen sich neue Exportmärkte für Industriestaaten ergeben könnten (vgl. Bosello et al., im Erscheinen):

Im **Küstenbereich** sind bauliche Massnahmen wie die Erweiterung der Schutzbauten (Deiche/Dämme), Ausdeichungen oder die Verschiebung bestehender Dämme landeinwärts möglich. Zudem kann die Kraft von Wellen und Strömungen durch morphologische Anpassungen und morphologische Veränderungen der Küste reduziert werden.

→ Durch diese Massnahmen profitieren die Bauwirtschaft/Ingenieure, zudem ist verbessertes Küstenzonenmanagement und räumliche Planung gefragt.

In der **Landwirtschaft** können die Auswirkungen des Klimawandels auf kurze Sicht durch andere Dünger und Schädlingsbekämpfung sowie durch verbessertes Bewässerungsmanagement reduziert werden. Auf lange Sicht können mit Hilfe traditioneller und Gentechnik wärme- und trockenresistente Pflanzen gezüchtet werden. Zudem sind effizientere Anbautechniken sowie die Umstellung auf andere Sorten notwendig.

→ Durch diese Massnahmen sind die Chemieindustrie/Düngemittelherstellung sowie die Grundlagenforschung betroffen (pflanzenphysiologische/gentechnische Forschung). Zudem sind neue Techniken im Bereich der Hydrotechnik notwendig.

Zur Sicherung der **Gesundheit** der Bevölkerung sind eine Reihe von Anpassungsmassnahmen möglich, die teilweise erhebliche Investitionen nach sich ziehen. Ein Teil der Massnahmen bezieht sich jedoch auf Verhaltensänderungen, die in der ökonomischen Analyse weitgehend unberücksichtigt bleiben:

- › Anpassung an höhere Temperaturen: bauliche Richtlinien für Häuser, öffentliche Gebäude, Städteplanung, um Ausbildung von „Hitzeinseln“ zu vermeiden, Klimaanlage, Frühwarnsysteme, Kleidung, „Siesta“,
 - › Anpassung an Extremereignisse: bauliche Richtlinien, baurechtliche Planung, Zwangsevakuierungen, Städteplanung, Sturmschutz, Frühwarnsysteme,
 - › Reduzierung des Risikos von übertragbaren Krankheiten: Präventions- und Kontrollprogramme, Kontrolle der Überträger, Schutzimpfungen, Aufklärung und Ausbildung,
 - › Reduzierung des Risikos der durch Trinkwasser übertragenen Krankheiten: rechtliche Wasserschutzgebiete, Wasserqualitätsbestimmungen, verbesserte Aufbereitungsanlagen, verbesserte sanitäre Anlagen, Alarmsysteme, Hände waschen und andere hygienische Vorschriften, Kläranlagen bzw. -gruben.
- Diese Massnahmen ziehen höhere Aufträge in der Bauwirtschaft/Ingenieurstätigkeiten nach sich: Bau von Kläranlagen, Wasseraufbereitungsanlagen, Klimaanlage, Entwicklung von Frühwarnsystemen. Zudem sind die Bekleidungsindustrie sowie die medizinische Forschung und Pharmaindustrie positiv betroffen.

Im **Energiebereich** sind eine Reihe von baulichen Massnahmen möglich, die die Energieproduktion mit bestehenden Technologien sichern. So können z.B. Wasserkraftwerke gegen Erdbeben nach Starkniederschlägen besser gesichert werden. Bei Atomkraftwerken sind Anpassungen insbesondere hinsichtlich der Bereitstellung von Kühlwasser bei hohen Temperaturen notwendig. Insgesamt scheint aber die Anpassung im Energiebereich zur Sicherstellung der Energieversorgung den verstärkten Ausbau von erneuerbaren Energien zu erfordern. Dies hat positive Auswirkungen auf den Technologie-Transfer im Bereich der erneuerbaren Energien.

6. VULNERABILITÄT DER SCHWEIZ ÜBER DIE HANDELSSTRÖME

Das Hauptgewicht der quantitativen Betrachtungen und Ergebnisse liegt bei der Betrachtung der Exportströme aus der Schweiz in die Weltregionen.

Zu den Importen wurde untersucht, welche für die Schweiz besonders wichtigen Güterimporte besonders gefährdet sind, knapper und teurer werden auf Grund des Klimawandels (Kapitel 6.2). Daraus ergibt sich dann eine qualitative Einschätzung der Gefährdung der Schweiz über den internationalen Einfluss des Klimawandels über die Importe als Ergänzung zur detaillierteren Analyse der Exportseite.

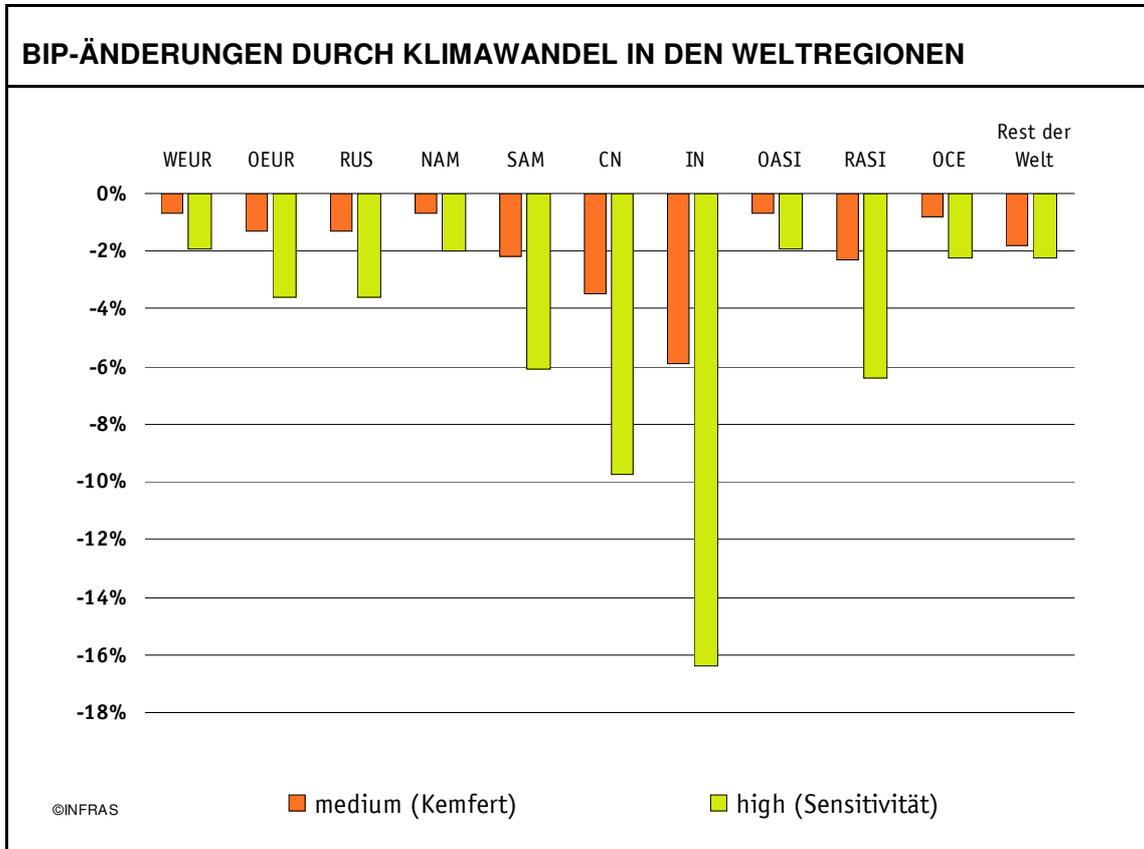
6.1. EXPORTE: ERGEBNISSE DER SZENARIEN

6.1.1. SZENARIO 1: KLIMAWANDEL 2050 UND WIRTSCHAFTSSTRUKTUR VON HEUTE

Im Szenario 1 trifft das weltweite Klima 2050 unvermittelt auf die Wirtschaftsstrukturen von 2000/2001. Untersucht wird der Umfang der bei den heutigen Strukturen gegenüber dem Signal der Klimaänderung 2050 gefährdeten Warenexporte der Schweiz. Die in den unterschiedlichen Weltregionen auftretenden Klimaschäden würden es notwendig machen, die Schäden zu beheben und Vorkehrungen zur Vorsorge gegen und zur Reduktion von Klimarisiken bei bestehenden Strukturen zu treffen. Diese wirtschaftlichen Aktivitäten zur Bewältigung von wachsenden Klimarisiken binden ökonomische Ressourcen. Andere Investitionen können entsprechend nicht oder nur eingeschränkt getätigt werden, was sich negativ auf die weiteren Wachstumspotentiale der Weltregionen und die Kaufkraft auswirkt (die Investitionen zur Behebung der Klimaschäden und der Vorsorge sind wenig produktiv). Die verringerte Kaufkraft der Weltregionen betrifft auch die Nachfrage nach Importen dieser Weltregionen und somit die Nachfrage nach Exporten aus der Schweiz.

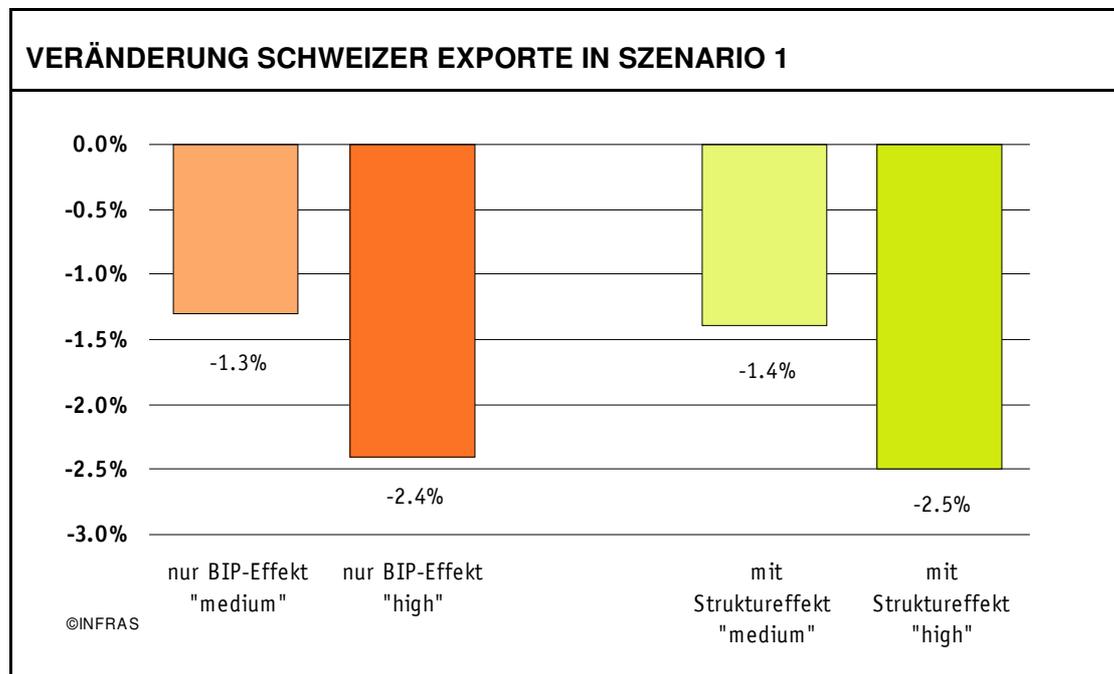
Die Analysen mit dem Mehrländer-Input-Output-Modell MULTIREG zeigen für Szenario 1, dass eine Abnahme der Exporte aus der Schweiz zu erwarten wäre.

Figur 31 zeigt auf, welche Annahmen in Szenario 1 zu den Wirkungen des Klimawandels auf die Kaufkraft (das Einkommen) der Weltregionen getroffen wurden. Wir unterscheiden dabei zwischen der Variante "medium" und der Variante „high“.



Figur 31

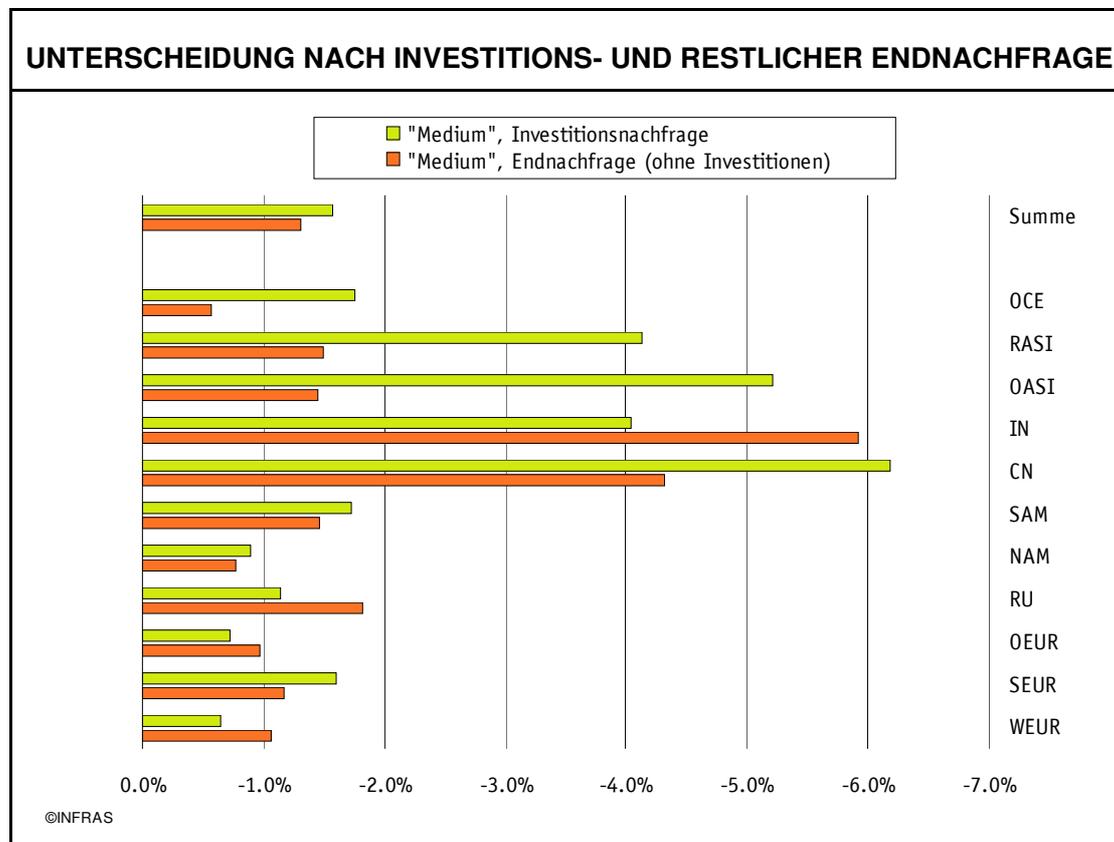
Die Schweizer Exporte werden in Szenario 1 durch die Klimaänderung des Jahres 2050 in den verschiedenen Weltregionen bei unterstellter Struktur 2000 wie in Figur 31 dargestellt negativ beeinflusst



Figur 32 Auswirkung der klimabedingten Wohlfahrtsverluste der Weltwirtschaft (Struktur 2000) auf die Exporte der Schweiz. „medium“ = Klimaschadenspotenzial nach Kemfert (2007) und „high“ als Sensitivitätsszenario.

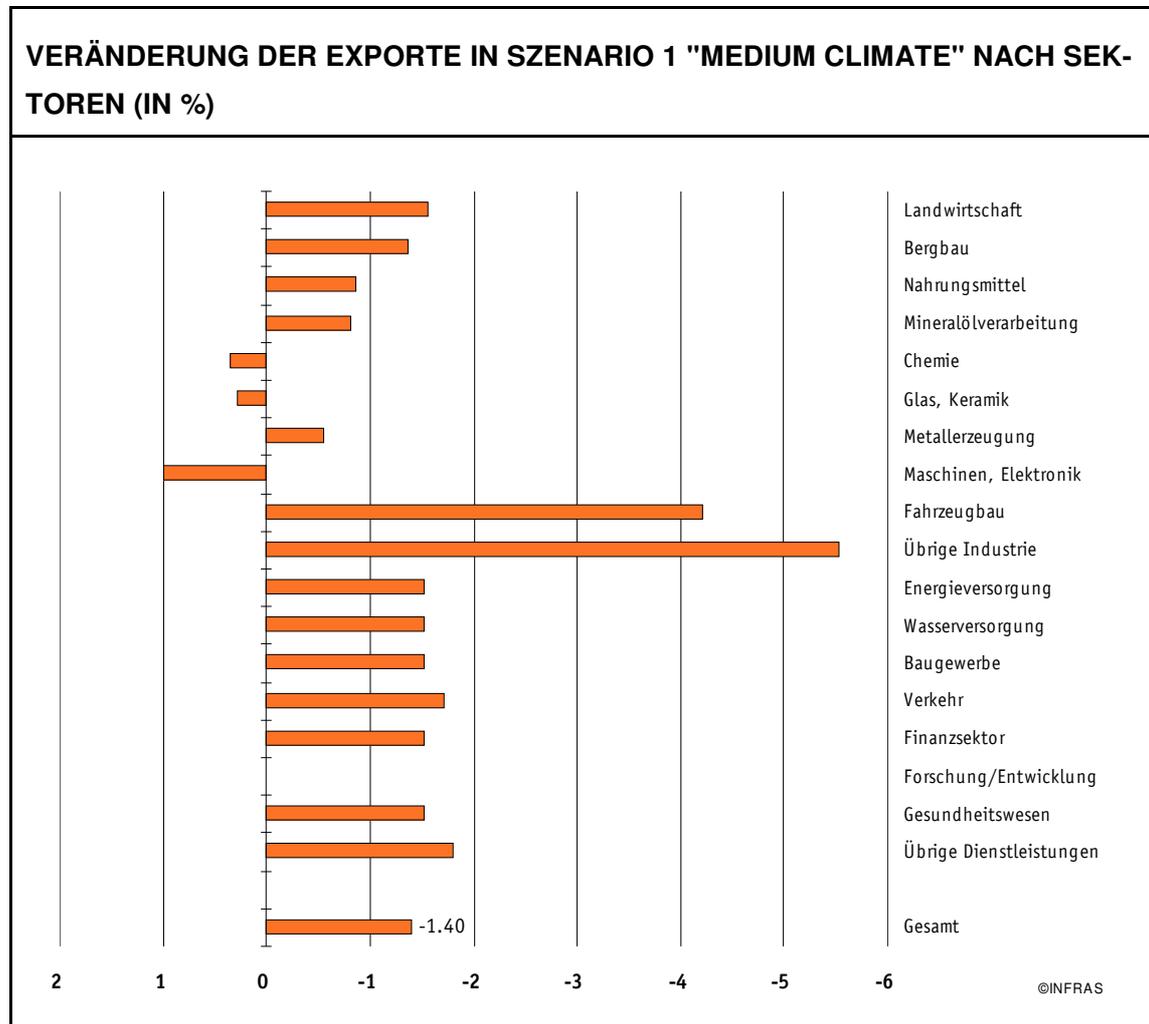
Die Exporte nehmen in dieser Simulation zwischen 1.4% (medium) bis 2.5% (high) ab. Dabei zeigt sich, dass die Abnahme des BIP je Weltregion deutlich die Hauptursache für die Abnahme der Nachfrage nach Schweizer Exporten ist. Die dargelegten Annahmen zu Veränderungen in der Struktur der aus der Schweiz nachgefragten Güter dagegen wirken sich nur schwach aus.

Wir haben in den Analysen zwischen Investitionsgütern und anderen Gütern der Warenexporte unterschieden.



Figur 33 Wirkung der Klimaänderung 2050 auf Investitions- und restliche Endnachfrage nach Weltregionen

Die obige Figur zeigt, dass der grössere Teil der Nachfrageabnahme nach Schweizer Exporten im Bereich der Investitionsgüter zu erwarten ist. Die Schweiz exportiert in der heutigen Struktur Arten von Investitionsgütern, die mehrheitlich bei der Behebung von Klimaschäden nicht speziell zusätzlich nachgefragt werden. Somit exportiert sie eher Investitionsgüter in Bereichen, die von Investitionsplänen in den Weltregionen betroffen sind, die wegen Zusatzbedarf zur Behebung und Minimierung von Klimaschäden zurückgestellt oder nur zum Teil realisiert werden.

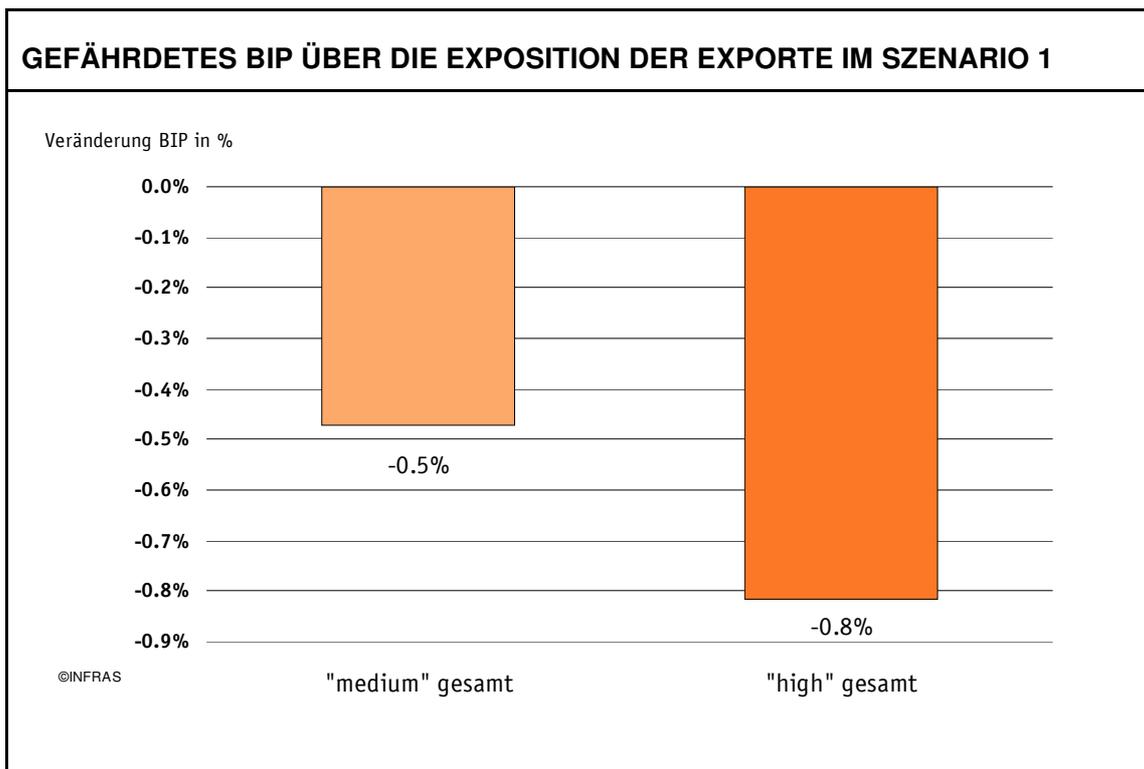


Figur 34 Auswirkungen der klimabedingten Wohlfahrtsverluste der Weltwirtschaft (Struktur 2000) auf die Schweizer Exporte, differenziert nach Sektoren. "Medium climate" entspricht dem Schadenspotential nach Kemfert (2007).

Im "medium climate" Fall des Szenario 1 sind insgesamt 1.4% der Schweizer Exporte durch den Klimawandel gefährdet. Bei der Betrachtung der Sektoren wird deutlich, dass sich dieser Effekt weitgehend über die Sektoren verteilt, dass es aber einige "Gewinner und Verlierer" gibt. Insbesondere die Exporte der Sektoren Fahrzeugbau und übrige Industrie sind überproportional gefährdet. Beim Sektor "übrige Industrie" betrifft dies insbesondere die Exporte von Luxusgütern. Dagegen könnten die Sektoren Chemie, Glas und Keramik und Maschinen/Elektronik ihre Exporte ausweiten.

Die bisherigen Ergebnisse haben aufgezeigt, welcher Teil der Exporte der Schweiz bei Eintreten des Klimawandels über den internationalen Wirkungskanal besonders exponiert ist. Das Ergebnis sagt nicht, dass dieser Teil in jeden Fall wegfällt. Es zeigt aber, in welchem Umfang

die Unternehmen, die Exporteure, besonders gefordert sind. Mit der Produktion der Exporte, die bei Klimawandel über den internationalen Einflusskanal gefährdet sind, ist eine Wertschöpfung im Inland verbunden. Diese Wertschöpfung in der Schweiz ist entsprechend in Bezug auf das BIP als besonders gefordert zu betrachten.



Figur 35

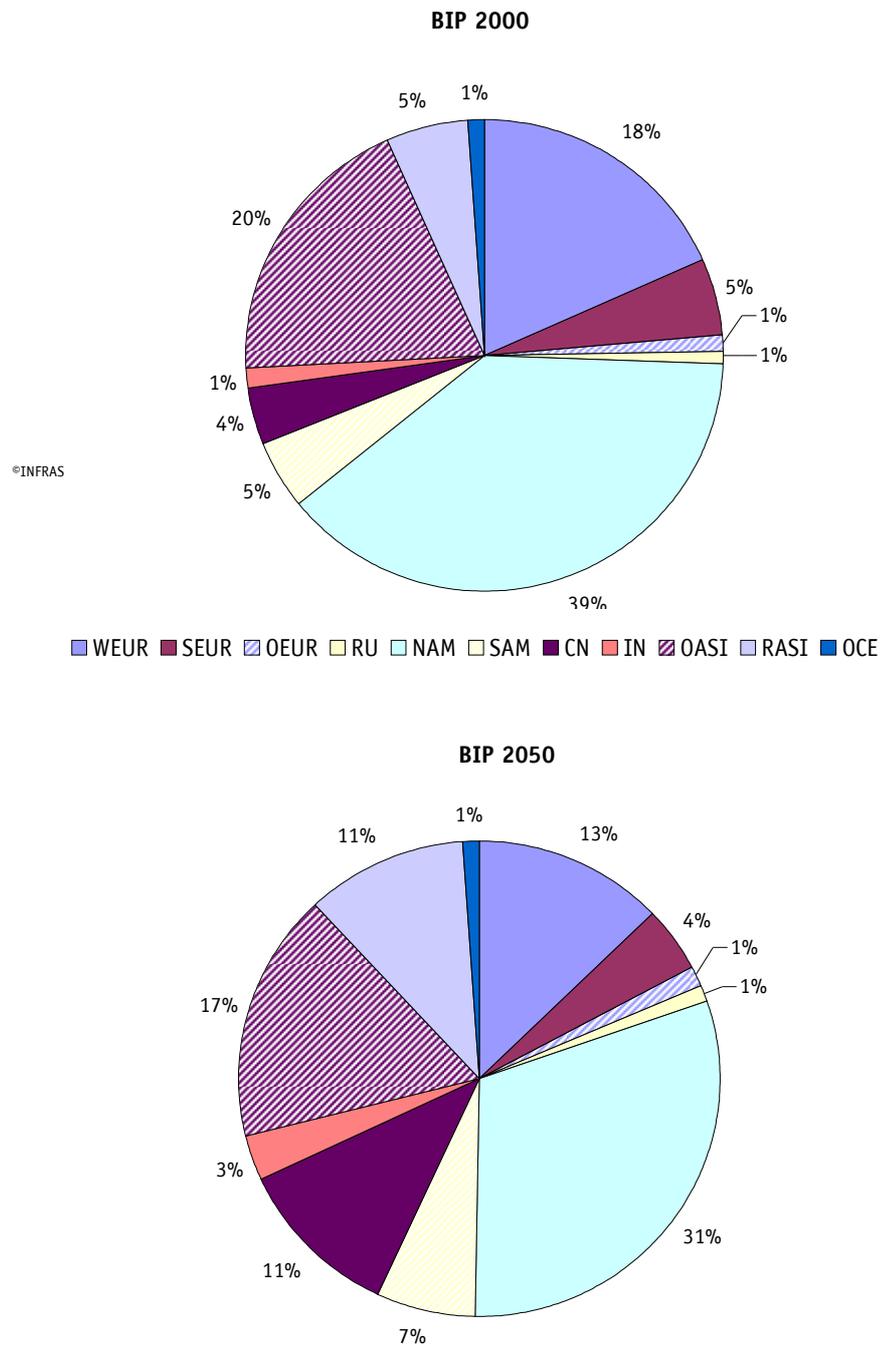
Der Rückgang der Nachfrage nach Exporten aus der Schweiz unter Szenario 1 ist mit einem BIP verbunden, das zwischen 0.5% und 0.8% des Schweizer BIP ausmacht. Die Produktion der Exporte, die unter Szenario 1 gefährdet sind, werden im Zustand ohne Klimawandel mit dem Einsatz von Kapital und Arbeit im Wert von 1.5 (medium) bis knapp 3 (high) Mia. CHF erstellt. Im Szenario 1 gilt der in der Figur dargestellte Teil des BIP als besonders herausgefordert und gefährdet. Es muss aber nicht heissen, dass dieser Teil des BIP effektiv verloren geht. Das kommt auf das Verhalten der Exporteure und der Gesamtwirtschaft sowie die Fähigkeit an, neue Märkte mit neuen Produkten und neuen Technologien in der Produktion zu öffnen.

6.1.2. SZENARIO 2: KLIMAWANDEL 2050 UND WIRTSCHAFTSSTRUKTUR VON 2050

Für das Szenario 2 haben wir einen möglichen Zustand der Weltwirtschaft 2050 erarbeitet und soweit wie möglich auch plausibilisiert. Die Schweiz 2050 weist eine veränderte Exportstruktur auf, Länder, die tendenziell stärker vom Klimawandel betroffen sind, weisen 2050 höhere Nachfrageanteile an den Schweizer Exporten aus als 2001.

Dies trifft v.a. für China und Indien, aber auch Rest Asien und Südamerika, zu. Diese Regionen werden wohl in den kommenden Jahrzehnten relativ stark wachsende Volkswirtschaften aufweisen und somit auch innerhalb der Gesamtwirtschaft wichtigere Rollen spielen. Figur 36 zeigt, wie sich die Welt-BIP-Anteile zwischen 2000 und 2050 unter den getroffenen Annahmen verändern.

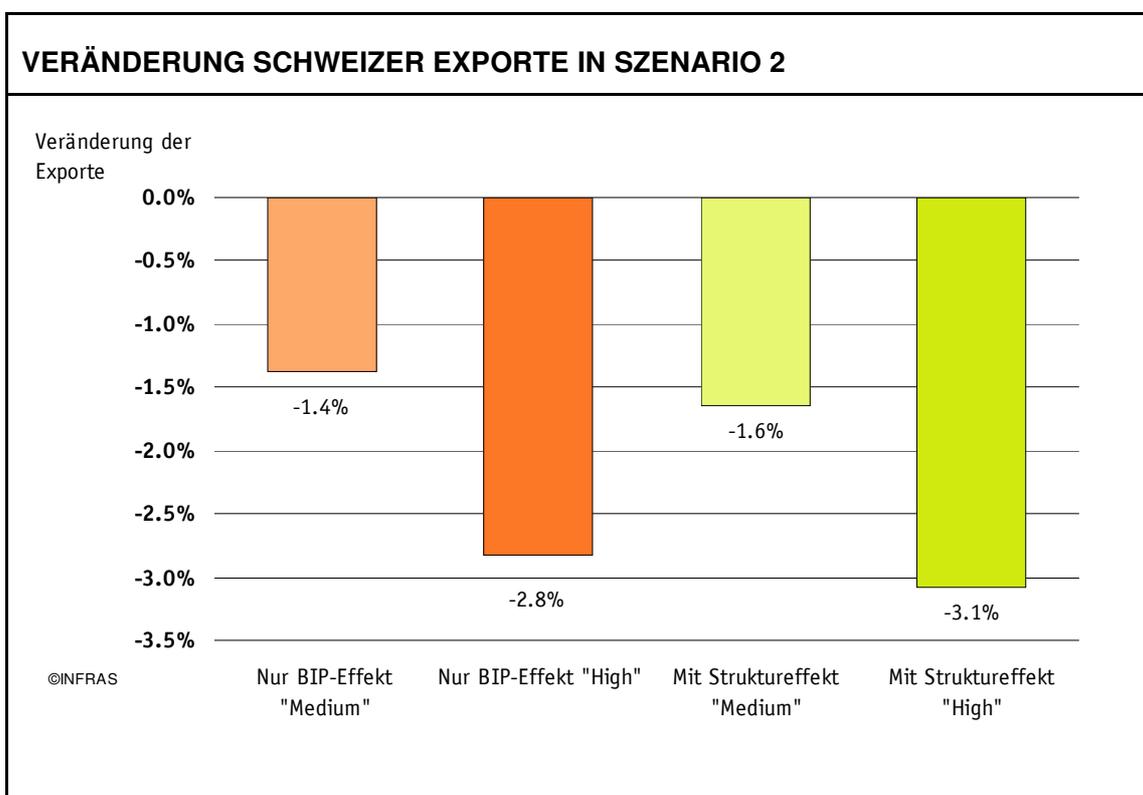
ANTEILE DER WELTREGIONEN AM WELT-BIP 2000 UND 2050



Figur 36

Wenn wir die Welt 2050 nun wieder dem Klimawandel aussetzen, sind die Folgen für die Schweizer Exporte stärker als unter Szenario 1. Dies, weil einzelne Weltregionen, die deutlich an Bedeutung innerhalb der Weltwirtschaft, aber auch als Nachfrager nach Schweizer Exporten gewonnen haben, zu den besonders vom Klimawandel betroffenen Gebieten gehören.

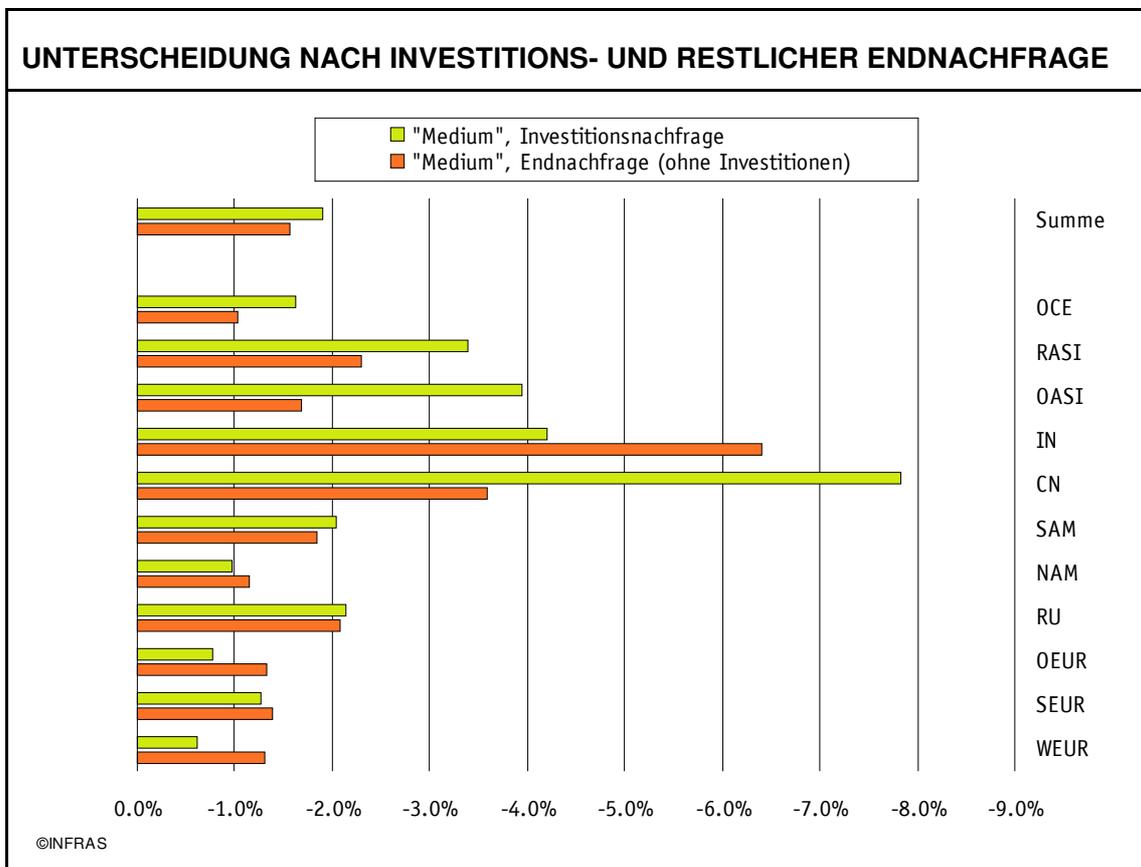
Dies hat unter den getroffenen Annahmen folgende Auswirkungen auf die Schweizer Exporte im Jahr 2050.



Figur 37 Auswirkung der klimabedingten Wohlfahrtsverluste im Vergleich zur Referenzentwicklung der Weltwirtschaft (Struktur 2050) auf die Exporte der Schweiz.

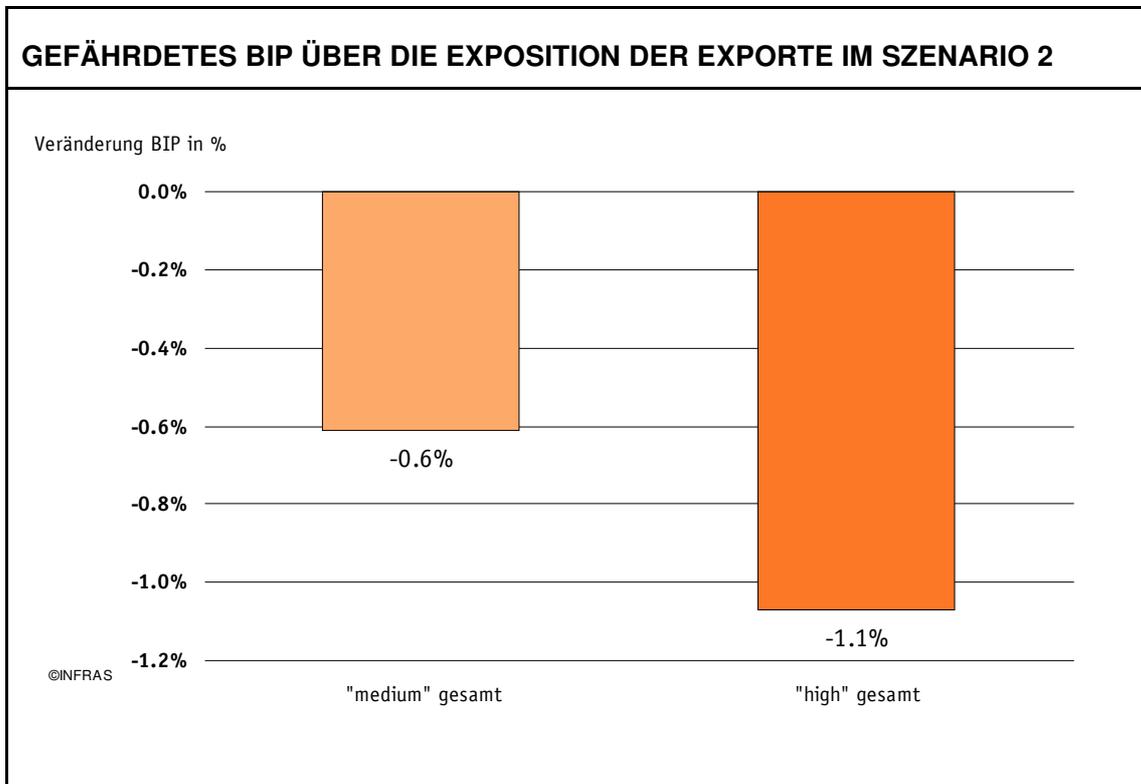
Die Exporte nehmen zwischen 1.4% (medium) bis 3.1% (high) ab. Dabei zeigt sich, dass auch in Szenario 2 die Abnahme des BIP je Weltregion deutlich die Hauptursache für die Abnahme der Nachfrage nach Schweizer Exporten ist. Die dargelegten Annahmen zu Veränderungen in der Struktur der aus der Schweiz nachgefragten Güter dagegen wirken sich nur schwach aus.

Wir haben in den Analysen auch in Szenario 2 zwischen Investitionsgütern und anderen Gütern der Warenexporte unterschieden.



Figur 38 Wirkung der Klimaänderung 2050 auf Investitions- und restliche Endnachfrage nach Weltregionen (Szenario 2)

Die obige Figur zeigt, dass in Weltregionen, die eher stärker vom Klimawandel betroffen sind, der grössere Teil der Nachfrageabnahme nach Schweizer Exporten im Bereich der Investitionsgüter zu erwarten ist.



Figur 39

Der Rückgang der Nachfrage nach Exporten aus der Schweiz unter Szenario 2 ist mit einem BIP verbunden, das zwischen 0.6% und 1.1% des Schweizer BIP ausmacht. Im Szenario 2 gilt der in der Figur dargestellte Teil des BIP als besonders herausgefordert und gefährdet. Die Aussage dieser Analyse bedeutet nicht, dass dieser exponierte Teil des BIP im Jahr 2050 in jedem Fall wegfallen würde. Es verdeutlicht aber, in welchem Umfang die exportorientierten Unternehmen durch einen Rückgang der Exporte besonders gefordert sind. Mit der Produktion der Exporte, die bei Klimawandel über den internationalen Einflusskanal gefährdet sind, ist eine Wertschöpfung im Inland verbunden. Diese Wertschöpfung in der Schweiz ist entsprechend in Bezug auf das BIP als besonders gefordert zu betrachten. Die effektive Wirkung hängt ab vom Verhalten der Exporteure und der Gesamtwirtschaft sowie der Fähigkeit, andere Märkte mit neuen Produkten und neuen Technologien in der Produktion zu öffnen.

Der Vergleich von Szenario 1 und Szenario 2 zeigt, dass die Betroffenheit der Schweiz über den internationalen Einflusskanal der Handelsströme zwischen 2001 (0.5–0.8% des BIP exponiert) und 2050 (0.6–1.1%) etwas zunimmt. Das bedeutet, dass die Exposition der Schweiz gegenüber dem Klimawandel über die Exporte im Zuge der in Zukunft zu erwartenden unterschiedlichen Entwicklung der Weltregionen erhöht wird, weil v.a. China, Indien, und Rest Asien

eine sehr starke wirtschaftliche Entwicklung mit einem Wachstumspotenzial aufweisen, das sich als Nachfragestütze für die Weltwirtschaft entwickeln dürfte, wenn nicht Klimarisiken diese Entwicklung in den kommenden Jahrzehnten deutlich bremsen. Klimarisiken könnten sich über Devisen- und Finanzmärkte noch verstärkt auswirken, vor allem, wenn die Klimarisiken von Investoren in einem Land als erheblich eingestuft werden. Die sich stark entwickelnden Weltregionen sind vom Klimawandel stärker betroffen, beherbergen die Mehrheit der Weltbevölkerung, machen aber heute noch eine wenig bedeutende Nachfrage nach Schweizer Exporten aus. 2050 kann erwartet werden, dass ihre Anteile an den Schweizer Exporten aber deutlich höher ausfallen. Deshalb wird die Wirkung auf die Schweiz über diesen Einflusskanal in Zukunft auch zunehmen.

Die in Szenario 2 unterstellte Referenzentwicklung zeigt, um welchen Faktor die Wirtschaftskraft bis 2050 in den definierten Weltregionen zunehmen dürfte. Das Ergebnis zur Exposition der Schweiz über die Exporte und die Zusammensetzung des Welt-BIP nach Regionen zeigt, dass die Struktur der Schweizer Exporte bis 2050 nicht abrupt stärker von den Nachfrage aus den stark wachsenden und von Klimarisiken besonders betroffenen Weltregionen abhängig wird. Trotz der hohen Wachstumsraten bleiben die wirtschaftlich aufstrebenden Weltregionen gemäss Referenzentwicklung im realen Niveau und erst recht in einer Pro-Kopf Betrachtung noch deutlich hinter Nordamerika oder Europa zurück.

6.2. IMPORTE: QUALITATIVE ERGEBNISSE

Die Einflüsse des weltweiten Klimawandels über die Importströme sind nicht gleich analysierbar wie die Exportseite. Bei den Warenimporten in die Schweiz stellt sich die Frage, wie die verschiedenen Weltregionen in ihrer Fähigkeit, bestimmte Güter zu produzieren, durch den Klimawandel beeinträchtigt werden. Anschliessend stellt sich die Frage, ob einige dieser nun schwerer zu produzierenden Güter als Importe wichtig für die Schweiz sind und ob es möglich ist, diese durch Bezüge aus anderen Weltregionen zu substituieren. Eine Verknappung eines für die Schweiz wichtigen Importgutes kann entweder zu höheren Preisen für die Schweizer Produktion und dadurch ausgelöst zur Substitution des Inputs durch technische Entwicklungen oder Produktionsumstellungen zu Stande kommen. Diese und weitere relevante Aspekte sind mit unserem Modellansatz nicht genügend einbeziehbar in einer quantitativen Abschätzung. Deshalb betrachten wir die Importseite qualitativ, aber ebenfalls mit obigen Fragestellungen.

Grundlage für eine grobe Analyse des Einflusses des weltweiten Klimawandels auf die Warenimportseite der Schweiz bildet das folgende Ergebnis der Analyse der Handelsverflechtungen (siehe Annex A6 „Struktur Importe Schweiz“).

Wenn man die Struktur der Schweizer Importe nach Weltregionen und Güterklassen betrachtet und diese Information mit den bereits in den Szenarien 1 und 2 verwendeten Wachstumseinbussen in den Weltregionen durch den Klimawandel verbindet, dann ergibt sich ein Bild, welche Importe der Schweiz aus welchen Weltregionen besonders anfällig auf den Klimawandel sein können. Wenn die Importe aus vom Klimawandel betroffenen Branchen besonders wichtig für die Produktion in der Schweiz sind, dann sind die Wirkungen besonders hervorzuheben.

Die Analyse der Warenimporte je Weltregion und Güterklasse führt zu folgenden Feststellungen:

- › Die vom Klimawandel stärker betroffenen **Weltregionen** sind heute als Lieferanten für Importe in die Schweiz insgesamt relativ unbedeutend. Der „Rest der Welt“ dagegen ist relativ wichtig. Das bedeutet, dass für eine genauere Analyse der Importseite idealerweise von einer anderen Differenzierung der Weltregionen auszugehen wäre als von der für die Analyse der Exportseite verwendeten. Erste Eindrücke können aber auch aus der vorliegenden Struktur gewonnen werden.
- › Die Importe von **Landwirtschaftsgütern** sind in der heutigen Struktur besonders klimasensitiv. Knapp 29% der Schweizer Importe in diesem Bereich kommen aus vom Klimawandel stärker betroffenen Weltregionen (Südamerika, China, Indien, Rest Asien, Rest der Welt). In diesen Regionen fällt zum Teil massiv weniger Regen, was die Landwirtschaft stark treffen kann und somit auch die Fähigkeit, entsprechende Güter zu exportieren aus den Weltregionen. In diesen Kontext fallen auch die Futtermittel. Gemäss Experten führt die zunehmende Wasserknappheit in einigen Weltregionen zu einem Anstieg der Futtermittelpreise. Die Schweiz importiert viel Futtermittel. Wenn die Preise der Warengruppe stärker ansteigen würden, könnte dies erhebliche Wirkungen auf die Struktur der Fleischproduktion der Schweiz haben, die auf die günstigen Futtermittel ausgerichtet ist. Als alternative Lieferanten der Futtermittelimporte könnten mindestens zum Teil wohl Frankreich und Südamerika in Frage kommen.
- › **Importe an Ressourcen** (Steine und Erde) kommen zu beinahe 50% aus dem Rest der Welt in die Schweiz. Hier verhindert die verwendete Struktur der auf die Exporte ausgerichteten Weltregionen eine genauere Analyse. Eine Vertiefung könnte evtl. wichtige Abhängigkeiten aufzeigen, da es denkbar ist, dass spezielle Güter hier eine wichtige Rolle in gewissen Produktionsprozessen in der Schweiz spielen können.

- › Eine besondere Importabhängigkeit weist die Schweiz wie viele andere Länder in der heutigen Struktur beim **Erdöl** auf. Die Erdölversorgung kann im Zuge des weltweiten Klimawandels durchaus auch kritisch betroffen sein. Becket 2007 weist darauf hin, dass im mittleren Osten mit den meisten Vorräten an Erdöl rund 5% der Weltbevölkerung mit nur 1% des verfügbaren Wassers auskommen muss. Wenn sich diese Verhältnisse durch eine weitere Zunahme der Trockenheit in diesen Regionen verschärfen, macht das die Gewinnung von Erdöl aufwändiger und kostspieliger. Dies erhöhte den Druck auf die Erdölpreise in den kommenden Jahrzehnten zusätzlich und unterstriche damit einen grundsätzlichen Trend im Zuge der zunehmenden Knappheit des Rohstoffs weiter. Je nachdem, ob solche Entwicklungen schlagartig oder eher allmählich ablaufen, ist die Exposition und Betroffenheit der Schweiz unterschiedlich einzuschätzen. Die Preiserhöhung beim Erdöl wird zwangsläufig dazu führen, dass Importkosten z.B. für Nahrungsmittel ansteigen werden oder es zu Verschiebungen der nachgefragten Produkte kommt. Die Wirkungen über die Erdölpreise stellen entsprechend ein zusätzliches Risiko der weltweiten Klimawirkungen über die Importseite auf die Schweiz dar.
- › Die Importe der Gütergruppe **Metallerzeugung** weisen ebenfalls eine spezielle Exposition gegenüber dem Klimawandel auf. 38% der Importe in dem Bereich stammen aus dem überdurchschnittlich vom Klimawandel betroffenen Russland und gut 10% aus dem Rest der Welt. Da die Metallerzeugung energie- und wasserintensiv ist, werden sich hier evtl. Preissteigerungen ergeben, die nicht einfach über Substitution umgangen werden können. Als Basisinput in die Produktion gewisser Güter in der Schweiz (z.B. Bau) spielt die Metallerzeugung eine relevante Rolle und wäre entsprechend betroffen.
- › Die Gütergruppe **Textilwaren/Leder/Gummi und Kautschuk** ist die letzte, die wir hier speziell nennen. China und der Rest der Welt liefern rund 10% der Importe aus dieser Gütergruppe in die Schweiz. Da bei der Textilproduktion aber zu einem guten Teil die unterschiedlichen Arbeitskosten Grund für die Arbeitsteilung sind, die weniger direkt vom Klimawandel beeinflusst werden, erachten wir diese regionale Exposition als wenig relevant aus dem Blickwinkel der Wirkungen des Klimawandels auf die Schweiz.

7. SYNTHESE UND SCHLUSSFOLGERUNGEN

7.1. ÜBERSICHT

Bisher wurden Analysen der Betroffenheit eines Landes durch den Klimawandel auf die physischen Auswirkungen des Klimawandels innerhalb der Landesgrenzen fokussiert. Die vorliegende Studie hat in einer Mischung aus quantitativen und qualitativen Analysen grob eingeschätzt, ob die Einflüsse des weltweiten Klimawandels über *internationale* Einflusskanäle auf die Schweiz ebenfalls von Relevanz sind für die Schweiz als „small open economy“.

Aufgrund der Ergebnisse von Literaturrecherchen, eigenen Analysen sowie von Interviews mit Expertinnen und Experten¹⁴ wurde das Klimarisiko für die Volkswirtschaft der Schweiz mit Bezug auf die verschiedenen internationalen Einflusskanäle des Klimawandels bewertet und deren relative Bedeutung aufgezeigt. Auf Grundlage eigener Untersuchungen und der Literaturanalyse (Annex A2 und A3) wurden für die Experteninterviews Thesen und Fragen formuliert (siehe Annex A1). Die Bewertung der Einflusskanäle erfolgte unter dem Blickwinkel der folgenden vier Hauptfragestellungen:

1. Ist die Wirkung des Klimawandels auf die Schweizer Volkswirtschaft über die internationalen Handelsströme ein relevanter Einflusskanal? Wenn ja, welcher Anteil der Exporte kann betroffen sein?
2. Welche Bedeutung haben die weiteren internationalen Einflusskanäle wie Kapitalmärkte, Migration, oder die Verfügbarkeit natürlicher Ressourcen für die Ökosystemstabilität und die Landesversorgung?
3. Verändert sich die Exposition der Schweiz gegenüber diesen internationalen Einflusskanälen in Zukunft (bis 2050)? In welche Richtung?
4. Wie sind die internationalen Einflusskanäle mit Bezug auf die Grössenordnung im Vergleich zu den Einflüssen auf das Klima in der Schweiz einzuordnen?

Aus den Arbeitsschritten mit dem Mehrländer-Input-Output-Modell haben wir die denkbaren Expositionen der Schweiz über die Warenexporte quantitativ zu erfassen versucht, die übrigen internationalen Einflusskanäle wurden in qualitativer Art abgehandelt. Die wichtigsten Erkenntnisse sind nun in diesem Kapitel, anlehnend an die zentralen Fragen dieser Untersuchung und nach Einflusskanal, zusammengefasst.

¹⁴ Persönliche, nicht-standardisierte Interviews wurden geführt mit M. Bättig (ETH Zürich), G. Klepper (ifW; Universität Kiel), C. Ritz (ProClim-Bern). G. Stephan (VWI, Universität Bern) R.S.J. Tol (FNU Universität Hamburg).

Es zeigt sich, dass die internationalen Einflusskanäle des Klimawandels auf die Schweizer Volkswirtschaft bedeutend sind. Bei der Frage nach der Betroffenheit der Schweiz durch den Klimawandel ist in Zukunft eine alleinige Fokussierung auf die physischen Auswirkungen im Inland nicht mehr zulässig. Nur eine Betrachtung, die die Wirkungen des Klimawandels sowohl über die nationalen als auch über die internationalen Einflusskanäle einbezieht, ergibt einen Gesamtüberblick über die Exposition der Schweiz gegenüber den Wirkungen des Klimawandels.

7.2. BEDEUTUNG DER HANDELSSTRÖME IM GESAMT-KONTEXT

7.2.1. BEWERTUNG DURCH EXPERTINNEN UND EXPERTEN (INTERVIEWS)

Drei Wirtschaftsbranchen, die für die Schweiz von grosser Bedeutung sind, können durch den Klimawandel über internationale Einflusskanäle beeinflusst werden. Der **Finanzdienstleistungssektor** dürfte zwar Markt und Kaufkraft bedingte Einbussen durch den Klimawandel hinnehmen müssen, die Versicherungswirtschaft wird dagegen vom Klimawandel eher profitieren, weil es zu einer verstärkten Nachfrage nach Rückversicherungsdienstleistungen kommen dürfte, wovon die Schweiz eher profitieren wird. Dies sofern sich nicht Einbussen bei Anlagewerten und der Kaufkraft mit einer Häufung von grösseren Schadensereignisse überlagern. Die **Chemieindustrie** wird vom Klimawandel nachfrageseitig wenig bis gar nicht betroffen sein, vielmehr sind es Massnahmen der Klimapolitik, die sich auf die Chemieindustrie auswirken werden, wobei die Spezialitätenchemie und die Pharmabranche unterschiedlich betroffen sind. Bei der Nachfrage nach Pharmaprodukten kann mit einer Zunahme gerechnet werden, wobei auch der Wettbewerb zunehmen dürfte und die handelspolitischen internationalen Rahmenbedingungen bei ungleicher Betroffenheit von Nord und Süd durch den Klimawandel zusätzlichen Belastungen ausgesetzt werden dürften (WTO, Patentschutz). Beim **Tourismus** sind nachfrage- und angebotsbedingte Effekte zu erwarten.

Durch den Klimawandel wird Europa mehr Nahrungsmittel exportieren. Da die Schweiz selbst jedoch netto Nahrungsmittelimporteur ist, wird sich dies nicht wesentlich auf die Schweizer Volkswirtschaft auswirken. Klimabedingte Veränderungen der landwirtschaftlichen Produktion fallen volkswirtschaftlich kaum ins Gewicht, innerhalb des Europäischen Marktes könnte sich die Wettbewerbsfähigkeit der Schweizer Landwirtschaft sogar verbessern.

Was Importe betrifft, so wird es einen Preisanstieg bei Gütern geben, die unter hohem Einsatz von Wasser produziert werden, da Wasser in vielen Teilen der Erde eine knappe Ressource

werden wird. Dies wird zwangsläufig dazu führen, dass Importkosten z.B. für Nahrungsmittel ansteigen werden oder es zu Verschiebungen der nachgefragten Produkte kommt.

7.2.2. ERGEBNISSE DER MODELLUNTERSUCHUNGEN

In dieser Studie wurden verschiedene internationale Einflusskanäle des Klimawandels auf die Schweiz betrachtet. Nur der Einflusskanal über die Warenexporte Schweiz wurde über einen Modellansatz zu quantifizieren versucht. Diese quantitativen Analysen zu den Exporten der Schweiz bilden die Grundlage für die Beantwortung der in Kap. 1.1 und nochmals in Kap. 7.1 erwähnten Hauptfragestellungen eins, zwei und ansatzweise vier.

Die Ergebnisse zeigen, dass in den Weltregionen durch den Klimawandel Kaufkraftverluste entstehen, welche auch die Nachfrage dieser Weltregionen nach Schweizer Exporten beeinträchtigt.

In der **heutigen Wirtschaftsstruktur** der Schweiz und den gegebenen Handelsverflechtungen wären 1.4% bis 2.5% der Schweizer Exporte und über die Produktionsseite berechnet **0.5% bis 0.8% des Bruttoinlandsprodukts (BIP)** durch den internationalen Einfluss des Klimawandels auf die Exporte **gefährdet**. Die Analyse besagt nicht, dass die errechneten Anteile der Exporte und des BIP effektiv wegfallen, sondern dass dieser Teil besonders gefordert ist bei der Suche nach anderen Märkten und Abnehmern, nach günstigeren Produktionsprozessen oder Produkten.

Der Anteil der durch die Wirkungen des weltweiten Klimawandels gefährdeten Schweizer Exporte nimmt in Zukunft zu. Die Modellanalyse zeigt, dass die zu erwartenden unterschiedlichen Wachstumspfade der verschiedenen Weltregionen die Exposition der Schweiz gegenüber dem weltweiten Klimawandel bis 2050 erhöht. Weltregionen wie China, Indien, Südamerika und Russland weisen mit hoher Wahrscheinlichkeit in den kommenden Jahrzehnten zunehmende Anteile am Welt-BIP auf und wachsen beispielsweise schneller als Nordamerika, West- und Südeuropa oder Ostasien (Japan, Taiwan etc.). Diese schnell wachsenden Weltregionen werden entsprechend auch wichtigere Nachfrager nach Exporten aus der Schweiz. Da diese im Durchschnitt deutlich stärker vom Klimawandel betroffen sein werden als grosse Teile Europas und Nordamerika, steigt der Anteil der Schweizer Exporte, der durch die internationalen Wirkungen des Klimawandels in Frage gestellt ist. Gemäss den Modellrechnungen steigt der Anteil der gefährdeten Exporte in einer **Weltwirtschaftsstruktur 2050** auf 1.6% bis 3.1%. Bezogen auf die Wertschöpfungswirkungen in der Schweiz bedeutet das, dass 2050 **0.6% bis 1.1% des BIP** zusätzlich durch den Klimawandel **gefährdet** sind.

Die zeitgleich erstellte Studie von Ecoplan/Sigmaplan (2007) zu den nationalen Wirkungen des Klimawandels kommt zum Ergebnis, dass 2050 der Erwartungsschaden 0.25% des BIP ausmacht. Wie erwähnt können diese Ergebnisse der nationalen Auswirkungen, die tatsächliche BIP-Verluste darstellen, nicht mit dem durch den weltweiten Klimawandel zusätzlich über die Warenexporte gefährdeten BIP-Anteil von 0.6%–1.1% aus dieser Studie verglichen werden.

Der Vergleich zeigt aber: Die Schweiz ist über die internationalen Einflusskanäle mindestens so stark durch den Klimawandel beeinträchtigt wie über die nationalen Einflusskanäle. Bereits über den internationalen Haupteinflusskanal „Warenexporte“ können ähnlich hohe wirtschaftliche Einbussen entstehen wie über die Summe der nationalen Einflüsse.

Bei den internationalen Einflusskanälen wurden aber weder die Warenimportseite, noch die Dienstleistungsströme, noch die Migration, noch die Finanz- und Devisenmärkte quantitativ genauer beleuchtet. Gemäss qualitativer Abhandlung ziehen aber alle weiter betrachteten, internationalen Einflusskanäle – mehr oder weniger stark – zusätzliche Herausforderungen und Gefährdungen für die Volkswirtschaft Schweiz nach sich. Bei den Warenimporten hat die qualitative Analyse zum einen gezeigt, dass bei der landwirtschaftlichen Wertschöpfung (basierend auf importierten Futtermitteln), beim Erdöl und in der Metallindustrie die Produktion in der Schweiz relativ stark von Importen aus klimaexponierten Ländern abhängig ist. Weiter wurde deutlich, dass die auf die Analyse der Exporte ausgerichtete Wahl der Weltregionen für die Analyse der Importe nicht ideal ist. Eine vertiefende Analyse in diesem Bereich müsste den bedeutenden Teil der Importe, welche in dieser Untersuchung als Sammelkategorie „Rest der Welt“ ausgewiesen ist, genauer aufschlüsseln um zu aussagekräftigern Informationen zu gelangen.

Die Wahrscheinlichkeit, dass die Wirkungen des weltweiten Klimawandels über die internationalen Einflusskanäle für die Schweiz bedeutender sind als die Summe der nationalen Einflüsse, ist recht hoch. In jedem Fall sind die internationalen Aspekte aber als gleich bedeutend wie die nationalen Einflüsse einzuschätzen. Dies unterstreicht die Botschaft, dass für eine kleine offene Volkswirtschaft wie die Schweiz eine Einschätzung der wirtschaftlichen Betroffenheit durch den Klimawandel immer beide Einflüsseebenen einbeziehen muss, jene über die Schäden im Inland und jene der Wirkungen von Schäden im Ausland auf die Schweiz.

7.3. VULNERABILITÄT DER SCHWEIZ ÜBER ANDERE EINFLUSSKANÄLE

7.3.1. DEISEN- UND KAPITALMARKT

Der Klimawandel wird einen erheblichen Einfluss auf die Kapitalmärkte ausüben. Es sind zwei ökonomische Prozesse, die durch den Klimawandel die Nachfrage nach Kapital beeinflussen und damit einen Anstieg der Zinsen erwarten lassen. Zum einen werden Anpassungsmassnahmen an den Klimawandel grössere Mengen an Kapital binden für Investitionen zur Schadensbehebung und -abfederung, zum anderen sind es angestrebte Minderungen der Treibhausgasemissionen, die – durch Klimapolitik vorangetrieben – höhere Investitionen in den Produktionsprozessen nach sich ziehen. Teilweise werden dadurch Anlagen rascher als geplant ersetzt, was vorübergehend zu einem erhöhten Kapitalbedarf führen kann.

Zunehmende Klimaschäden als Folge v.a. von Extremereignissen führen zudem zu einer Kapitalvernichtung. Die Anpassung bzw. Schadensbehebung löst zusätzliche Investitionen in Schutzbauten, im Energiesektor (Zunahme der Energiedienstleistungen¹⁵ und vorzeitige Ersatzinvestitionen¹⁶), im Wasserbau und generell für den Substanzerhalt der Infrastruktur aus. Dieses Kapital steht damit für produktivere Zwecke nicht mehr zur Verfügung (Kemfert 2002, 2007a). Das bedeutet, dass Kapital für produktivere Investitionen mit einer eigentlich höheren (gesamtwirtschaftlichen) Rendite knapper wird und nachsorgende Investitionen zur Schadensbehebung und Schadensminderung vorrangig getätigt werden müssen. Dadurch verringert sich auch das künftige Produktionspotential der Weltregionen.

Emissionsminderungen, durch Klimapolitik vorangetrieben, erhöhen gleichzeitig den Bedarf nach Investitionen. Steigende Zinsen stellen ein Hindernis dar bei der Umsetzung von Strategien zur Emissionsreduktion, vor allem wenn gleichzeitig die Lebensdauer für einige Investitionen aufgrund der Gefahren durch Stürme und Überschwemmungen und/oder Überflutung abnimmt. Die IEA (2006) bezeichnet die Verfügbarkeit von investiertem Kapital auch ohne Klimawandel als einen der kritischen Parameter für die Gewährleistung der Energieversorgung für das Jahr 2035.

In den kommenden Jahrzehnten steigt aufgrund des Klimawandels der Bedarf für vorsorgende und nachsorgende Investitionen. Dies geschieht in einem Zeitraum, in dem in den OECD-Ländern die Babyboomer-Generation in Rente geht, Vorsorgekapitalbestände zu Konsumzwecken allmählich auflöst und somit die Sparquote sinkt. Durch die Gleichzeitigkeit der Mehrnachfrage nach Investitionen durch den Klimawandel, die zudem geringere Rendite bringen, und

¹⁵ Etwa für Kühlung/Klimatisierung

¹⁶ Z.B. infolge reduzierte Lebensdauer von Wasserkraftanlagen mit Dämmen

das eher sinkende Kapitalangebot wegen der demographischen Entwicklung in den Industrienationen, ergeben sich zusätzliche Risiken am Kapitalmarkt. Erhebliche Risiken ergeben sich mit einer relativen Knappheit an Kapital voraussichtlich vor allem im Zeitraum 2020–2050. Damit würden sowohl Anpassungs- als auch Vermeidungsstrategien vor allem in Schwellen- und Entwicklungsländern gehemmt, was mit der Situation auf den Kapitalmärkten und dem Migrationspotenzial sich verstärkende Rückkoppelungen schaffen würde. Länder und Regionen, deren Ökonomien vergleichsweise weniger vom Klimawandel tangiert sind, werden für Anlagen relativ attraktiver/sicherer mit entsprechenden Folgen auch auf dem Devisenmarkt mit einer erstarrenden Währung dieser Länder/Regionen.

Die Mehrheit der befragten Experten werten die Risiken des Klimawandels deutlich höher als die Kosten des präventiven Handelns und der Internalisierung der externen Kosten über die CO₂-Emissionen der aktuellen Produktions- und Nachfragestrukturen. Die Bereitschaft von Privaten, Investitionen für Schadensbehebungen und Anpassungsmassnahmen zu finanzieren, wird dagegen als eher gering eingestuft. Entsprechend wird der Druck auf den Staat wachsen, als Finanzierer einzuspringen.

7.3.2. MIGRATION

Der Klimawandel führt in einigen Regionen zu verstärktem Migrationsdruck, z.B. in stark durch Überschwemmung gefährdeten Gebieten. Dies hat wiederum Auswirkungen auf die Ressourcenebene (Humankapital) und auf das Wirtschaftswachstum in den unterschiedlichen Regionen. IPCC (2007b) erachtet es als „wahrscheinlich“, dass aufgrund der folgenden Phänomene und Trends der Migrationsdruck zunehmen wird:

- › Zunahme der von Dürren betroffenen Landfläche,
- › Verknappung der Wasserressourcen auch ausserhalb der Dürregebiete, steigende, regional unterschiedliche Entwicklung der Nahrungsmittelpreise bei hohen Einkommensdisparitäten,
- › Intensivierung der tropischen Zyklone,
- › Es ist mit einem deutlichen Anstieg des Meeresspiegels zu rechnen. Gemäss IPCC (2007b) werden ab 1.5 Grad Temperaturerhöhung Millionen von Menschen zusätzlich jährlich einem Überschwemmungsrisiko ausgesetzt.

Die Migration kann zusätzliche Gesundheitsauswirkungen auslösen, was erhebliche Belastung der Gesundheitssysteme in den Einwanderungsländern nach sich ziehen kann. IPCC (2007b) beziffert die Schadenskosten oder Wohlstandsverluste dieser Auswirkungen aber nicht.

Verschiedene Studien zu „Umweltflüchtlingen“ haben jedoch gezeigt, dass die betroffenen Menschen nicht ohne weiteres ihre Heimat verlassen, zuerst in benachbarte Gebiete wandern, und versuchen, bei einer Stabilisierung der Situation wieder zurückkehren. Ausserdem hat sich gezeigt, dass nur eine kleine Schicht bereit und überhaupt in der Lage wäre, zu migrieren (Huq et al 2002). Meist ist dies die lokale Mittelschicht; die Ärmsten verfügen im Falle einer Katastrophe nicht über genügend Mittel zur Migration; die Reicheren haben ein soziales Umfeld, das es ihnen erlaubt, zu bleiben. Die Wirkungszusammenhänge zwischen klimainduzierten globalen Migrationsströmen und ihren Auswirkungen auf die Schweiz sind noch wenig verstanden. Schleichende Veränderung der „Umwelt“ durch Übernutzung von Ökosystemen und Klimawandel wird als Migrationsursache in der bestehenden Asylpolitik als wirtschaftlicher Fluchtgrund gewertet, erst aus einer historischen Perspektive wird der Beitrag der Klimaänderung an die gegenwärtig beobachteten Migrationsströme besser einzuordnen sein. Internationale Übereinkommen zur Bewältigung von Migrationsströmen und ihre praktische Umsetzung sind für die Auswirkungen auf die Schweiz wohl von grösserer Bedeutung.

Die befragten ExpertInnen haben sich alle ähnlich geäussert: Grossräumige Migrationsströme in die Schweiz erscheinen in naher und mittlerer Zukunft als wenig wahrscheinlich. Ein Migrationsdruck auf Mittel- und Nordeuropa entsteht durch die Einwanderung aus Afrika, Lateinamerika und Asien über Süd- und Osteuropa. Die Schweiz wird mit dem Beitritt zum Schengen Abkommen Teil des Migrationsraums Europa. Die Asyl- und Einwanderungspolitik der Schweiz und der EU haben einen ähnlich grossen Einfluss auf die Wanderung wie die Klimaänderung in betroffenen Weltregionen. Die Hauptgründe bereits bestehender Migrationsbewegungen sind die grossen Unterschiede zwischen den Wohlstandsniveaus in der Welt sowie bewaffnete Konflikte, welche ihren Ursprung teilweise in rivalisierenden Ansprüchen auf den Zugang zu Ressourcen haben. Der Klimawandel übt bereits heute einen zusätzlich verstärkenden Effekt auf die Migration aus, welcher sich in Zukunft verstärken dürfte (IPCC 2007b, Stern 2006, Schnellhuber, W.C. et al 2006).

Die Handels-, Arbeitsmarkt- und Entwicklungspolitik wird von den ExpertInnen als entscheidender als die Klima-, Einwanderungs- oder Flüchtlingspolitik betrachtet. Die globalen Einkommensunterschiede sind eine der Schlüsselursachen der höheren Verwundbarkeit von Entwicklungsländern gegenüber dem Klimawandel. Die Stärkung der Anpassungsfähigkeit, welche die Lebensgrundlage der Menschen in betroffenen Gebieten stabilisiert oder verbessert, die Finanzierung dieser Anpassungskosten sowie die Klimaproblematik, welche als zentrales Element in die nationalen Entwicklungspläne zu integrieren wäre, stellt eines der zentralen „Post-Kyoto,-Verhandlungsthemen im Rahmen der UNFCCC dar. Sollte es mittelfristig zu

starken Migrationsströmen aufgrund des Klimawandels kommen, so befürworten die ExpertInnen die Notwendigkeit entsprechender internationaler Abkommen (mit Übernahme von Verpflichtungen der OECD-/Annex I-Staaten). Die Klimaproblematik stellt somit die Frage des ausgeglichenen Reichtums neu (Beniston 2007).

7.3.3. NATÜRLICHE RESSOURCEN

Wasser

Das Klima im Alpenraum um das Jahr 2050 dürfte mit dem Klima zur Zeit des neolithischen Klimaoptimums, das 2500 Jahre vor unserer Zeitrechnung endete, vergleichbar sein (Hsü 2000, OCCC/Proclim 2007). Damals lagen die Temperaturen um 1–2 Grad höher als heute, die Ostalpen waren praktisch eisfrei und die Spiegel der Mittellandseen lagen um 2–3 Meter tiefer¹⁷ als heute. Entsprechend geringer waren die Abflussmengen aus dem Alpenraum. Die kontinuierliche Verfügbarkeit von Wasser kann in Europa wie in der Schweiz zukünftig durch den Klimawandel eingeschränkt werden. Das Abschmelzen der Gletscher und die dadurch geringeren Wasserspeicherkapazitäten in den Sommermonaten werden sowohl die Landwirtschaft als auch andere Wasser konsumierende Sektoren wie Industrie und Tourismus in ihrer Wirtschaftlichkeit beeinträchtigen. Mit effizienterer Technologie im Bereich Wassernutzung wird die Trinkwasserversorgung zu gewährleisten sein. Die Bewässerung für Acker- und Gemüsebau, der Futterbau, die Rheinschifffahrt und die Stromproduktion dürften deutlich stärker betroffen sein (vgl. dazu Ecoplan/Sigmaplan 2007).

Insgesamt scheinen diese Auswirkungen bis 2050 volkswirtschaftlich verkraftbar. Die Schweiz wird mit einem optimierten Wassermanagementsystem die erwarteten Auswirkungen abfedern können. Die Auswirkungen der Klimaänderung auf die Agrarmärkte könnten weltweit wie in Europa substanzieller ausfallen, wobei eine Verknappung des Wassers die Wettbewerbsposition der Schweiz tendenziell stärkt. Wasser wird jedoch teurer und die Investitionen in die Wasserversorgung (vgl. Kap. 7.3.1) werden an Bedeutung gewinnen. Als bedeutender werden zunehmende Konflikte mit den Unterliegern eingeschätzt. Diese werden auf eine nachhaltige, sparsame Ressourcennutzung drängen.

¹⁷ Die Pfahlbauten an den Mittellandseen standen am Seeufer, nicht im Wasser.

Holz

Holzpreise könnten gemäss einigen Modellergebnissen (z.B. Tol 2002) als Folge des Klimawandels fallen¹⁸, was von andern Experten vor dem Hintergrund anhaltender Verluste von tropischen Regenwäldern durch Rodung als wenig plausibel eingeschätzt wird. In einem möglichen künftigen Klimaschutzabkommen dürfte der Reduktion von Kohlenstoffemissionen aus Abholzung ein wichtiger Stellenwert zukommen. Weiter bilden Modelle wie jenes von Tol (2002) die Auswirkungen des Klimawandels auf die Waldökosysteme und die von der Temperaturerhöhung ausgelöste Bestandesumschichtung erst ungenügend ab (IPCC 2007b, OCCO 2007). Vom temperaturbedingten höheren Zuwachspotenzial profitieren werden grosse Holzproduzenten Nordeuropas (Finnland, Russland und Schweden). Holzmarktanalysen im europäischen Umfeld (EF-SOS 2005) gehen von nachfragebedingt steigenden Holzpreisen aus (Erdölpreis und Stahlpreis sind wichtige Referenzpreise). Die Schweiz könnte einerseits als Holzproduzent von höheren Weltmarktpreisen profitieren, andererseits ist sie aber als Importeur von verarbeiteten Holzprodukten von steigenden Preisen auch betroffen.

Landschaft

Die Landschaft als natürliche Ressource wird sich aufgrund des Klimawandels weltweit verändern. Besonders stark betroffen sind Gebirgsräume (Vergletscherung) und die Küstenregionen. Bodenerosion und Veränderungen in wichtigen Ökosystemen (Feuchtgebiete, Wald) dürften das Gesicht des Planeten und regional bedeutender Landschaften möglicherweise ebenso schnell verändern wie dies im vergangenen Jahrhundert durch Bautätigkeit der Fall war. Dies wirkt sich auf die Lebensgrundlagen der lokalen Bevölkerung wie auf die Produktionsgrundlagen der weltweiten Tourismusindustrie aus. Die verfügbare Literatur erlaubt keine verlässliche Abschätzung der Positionierung der Schweiz als Tourismusland.

7.3.4. ZUSAMMENWIRKEN VERSCHIEDENER PROZESSE

Der Bericht der Arbeitsgruppe II von IPCC (2007b) gibt einen Überblick über die geographischen Räume, in welchen Änderungen in den physischen und biologischen Systemen zwischen 1970 und 2004 beobachtet wurden, und welche in hohem Mass mit der Erwärmung des Klimas korrelieren. Die beobachteten Veränderungen betreffen die Hydro- und Kryosphäre, Vegetationsänderungen sowie gesundheitliche Auswirkungen. Der Schwerpunkt dieser Beobachtungen liegt im Nordwesten Nordamerikas, im Alpen- und Mittelmeerraum, in der Sahelzone, der Ark-

¹⁸ Im Modell von Tol (2002) ist dies eine Folge des Düngeeffekts eines höheren Kohlendioxidgehaltes in der Luft und den damit zusammenhängenden Wachstumsraten bei Bäumen

tis/Antarktis (inkl. die Südspitze Südamerikas) sowie in Zentralasien. Die Klimavariabilität ist im Monsunklima Asiens sehr hoch. IPCC (2007b) kann in diesem Raum mit Ausnahme der Abnahme des Gletschervolumens noch keine signifikanten Trends mit der vom Menschen induzierten globalen Klimaerwärmung korrelieren. Die Überlagerung regionaler Klimaeffekte mit Wirkungen von Landnutzungsänderung, Übernutzung von Böden und Wasserressourcen, sowie anderen Umweltbelastungen sind bedeutsam und erschweren das Erstellen von Auswirkungsszenarien auf der Ebene regionaler Volkswirtschaften. Es ist wahrscheinlich, dass der Klimawandel den Verlust von Biodiversität, die Landdegradation, Verlust an Waldflächen sowie Wüstenbildung akzentuieren (IPCC 2007b). Diese komplexen Prozesse wirken auf Ökosysteme sowie die Landwirtschaft, Forstwirtschaft, die Fischerei und die Küstenregionen und betreffen zum Teil wichtige Handelspartner der Schweiz. Schwer abschätzbar sind insbesondere die Auswirkungen auf Zentralasien, einem Raum, auf welchem seit mehr als einem Jahrhundert die geopolitische Aufmerksamkeit liegt, und welcher für die Energieversorgung Europas und Asiens eine bedeutende Rolle spielt. Zu Zeiten der historischen Klimaoptima war die Bevölkerungsdichte zumindest relativ höher als heute¹⁹, so dass sich in diesem Raum ein nicht unbedeutender Immigrationsdruck entwickeln könnte. Die ökonomischen Auswirkungen regionaler Klimaeffekte konnten bisher noch nicht mit genügender Aussagekraft modelliert werden. Dies führt dazu, dass die „integrated assessment models“ die Auswirkungen des Klimawandels auf die Volkswirtschaft in den verschiedenen Weltregionen unterschätzen.

Die Modellierung der Auswirkung der Klimaänderung wird insbesondere in den Regionen Asiens mit hoher Bevölkerungsdichte erschwert, weil sich in diesem Raum Luftverschmutzung und Klimawandel überlagern: Die Wirkung der Klimaänderung auf Temperatur und Vegetation wird durch die grenzüberschreitende Luftverschmutzung zum Teil gedämpft, zum Teil akzentuiert. Reduktionsmassnahmen bei den Treibhausgasen führen zu „co-benefits“ bezüglich Gesundheit und landwirtschaftlicher Produktivität.

19 Bei der heutigen Bevölkerungsdichte der Mongolei, West Chinas und Kasachstans hätte Dschingis Khan keine Armee rekrutieren können, welche bis nach Indien, China und Europa vorsties (Hsü 2000).

7.4. FAZIT: DIE INTERNATIONALEN HAUPT-EINFLUSSKANÄLE IM VERGLEICH ZU NATIONALEN DIREKTEN EINFLÜSSEN

Die Gefährdung der Schweiz durch den Klimawandel über den internationalen Einflusskanal „Exporte“ ist in der Grössenordnung vergleichbar mit dem nationalen Schadenspotenzial (Eco-plan/Sigmaplan 2007), wobei die befragten ExpertInnen wie die eigenen Analysen darauf hinweisen, dass die internationalen Einflüsse der Klimaänderung auf die Schweizer Volkswirtschaft insgesamt grösser ausfallen dürften als die direkt in der Schweiz spürbaren nationalen Einflusskanäle. Daraus folgern wir, dass sich weiterführende Analysen nicht mehr nur auf die nationalen Einflüsse der Klimaänderung abstützen dürfen.

Die internationalen Einflüsse sind gleichwertig einzubeziehen, auch wenn die Schwierigkeiten, ökonomische Wirkungsanalysen entsprechend dem naturwissenschaftlichen „state of the art“ (IPCC 2007a und 2007b) durchzuführen, grösser sind. Der internationale Einflusskanal über die Warenexporte, der in dieser Studie genauer untersucht wurde, erweist sich als etwa gleichbedeutend wie der nationale Einflusskanal über alle Aspekte der Klimafolgen in der Schweiz. Es gibt bei den internationalen Einflusskanälen aber etliche weitere bedeutende Aspekte, die zwar nicht annähernd gut in quantitativer Hinsicht beleuchtet werden können, aber ebenso wichtige oder wichtigere Rollen spielen für die Betroffenheit der Schweiz durch den Klimawandel (Dienstleistungsexporte, Importe, Kapitalmärkte, Migration, Ressourcenströme und internationale Sicherheit).

Die kleine offene Volkswirtschaft Schweiz muss deshalb bei der Analyse und Diskussion der Wirkungen des Klimawandels auf das eigene Land nationale und internationale, quantifizierbare und schwerer fassbare Aspekte würdigen, wenn ein aussagekräftiges Gesamtbild zur Auswirkung der Klimaänderung auf die Schweizerische Volkswirtschaft erarbeitet werden soll.

ANNEX**A1 THESEN ZU DEN HAUPTINFLUSSKANÄLEN UND FRAGEN FÜR DIE EXPERTENINTERVIEWS**

Einflusskanal	Thesen	Fragen an die Expertinnen und Experten
Handelsströme	<ul style="list-style-type: none"> › Einflüsse des Klimawandels auf die Handelsströme wirken dämpfend auf die Schweizer Wirtschaft. › In Zukunft für die Schweizer Exporte wichtiger werdende Länder sind eher stärker vom Klimawandel betroffen. › Importe aus klimabetroffenen Regionen werden zum Teil erheblich teurer, was die Schweizer Wirtschaft spürbar trifft. › Der Klimawandel und Anpassungsmassnahmen begünstigen einige wichtige Exportbereiche der Schweiz, insbes. den Gesundheitssektor/Pharmaindustrie. 	<ul style="list-style-type: none"> › Expecten Sie, dass die Schweiz als Exportland über die internationalen Handelsströme zusätzlich verletzlich gegenüber dem weltweiten Klimawandel ist? › Ist dieser Einfluss über die internationalen Kanäle grösser als die direkten nationalen Einflüsse? › Welche Arten der Güterexporte sind dabei am ehesten betroffen? › Gibt es Bereiche, in denen über die Veränderung der Produktionsverhältnisse Versorgungsengpässe entstehen?
Finanz- und Devisenmärkte	<ul style="list-style-type: none"> › Kapitalmärkte werden durch eine ganze Reihe anderer Faktoren beeinflusst, gegenüber denen der Klimawandel kurz- und mittelfristig nur eine untergeordnete Rolle spielt › Investitionen in Anpassungsmassnahmen (unproduktive Investitionen) werden „konventionelle“/produktive Investitionen verdrängen und somit das Wachstum des Kapitalstocks bremsen › Da Investitionen in nötige Anpassungsmassnahmen eine geringere Rendite erwarten lassen als andere Investitionen, werden die Zinsen relativ ansteigen. › Die Bereitschaft von Privaten, Investitionen für Schadensbehebungen und Anpassungsmassnahmen zu finanzieren, ist eher gering. Der Staat muss öfter als Finanzierer einspringen. › Länder und Regionen, deren Ökonomien vergleichsweise wenig vom Klimawandel tangiert sind, werden für Anlagen relativ attraktiver/sicherer mit entsprechenden Folgen auch auf dem Devisenmarkt mit einer erstarkenden Währung dieser Länder/Regionen. 	<p>Wirkt sich Klimawandel auf die Finanzmärkte aus? Wenn ja in welcher Form?</p> <ul style="list-style-type: none"> › Auf das Zinsniveau? › Auf die Höhe des nachgefragten Kapitals? › Auf die Kreditvergabe? › Auf Investitionen? › Auf das Sparverhalten? › Rolle der staatlichen Finanzierung? › Etc.

Migration	<ul style="list-style-type: none"> › Die Wirkungszusammenhänge zwischen Migration in die Schweiz und dem Klimawandel sind noch wenig verstanden. Der Einfluss der Migration- und Asylpolitik und von internationalen Übereinkommen zur Bewältigung von Migrationsströmen sowie ihre praktische Umsetzung sind von grösserer Bedeutung. › Migrationsdruck auf die Schweiz entsteht durch die globalen Migrationsströme einerseits via Südeuropa insbesondere aus Nord und Westafrika, andererseits via die Ostgrenze der EU. 	<p>Trägt Klimawandel zu vermehrter Migration bei?</p> <ul style="list-style-type: none"> › Von welchen Regionen? › In welche Regionen? › Auswirkungen auf die Schweiz?
Technologie	<ul style="list-style-type: none"> › Es wird ein Entwicklungsszenario unterstellt, in dem neue und effizientere Technologien zur Verfügung stehen. › Die Möglichkeit der technologischen Anpassung verringert die Auswirkungen des Klimawandels auf Sektoren und Gesellschaft. › Die Wirkungen auf die Schweizer Volkswirtschaft sind im Szenario mit Anpassungsmöglichkeiten geringer als in einem Szenario in dem der Klimawandel die Welt in der heutigen Struktur trifft. › Während die Anpassung an physikalische Auswirkungen des Klimawandels (Temperatur, Niederschläge, Meeresspiegel) abschätzbar und Technologien verfügbar sind, kann es im Bereich der biologischen Auswirkungen zu diskontinuierlichen Änderungen kommen. Die entsprechenden technologischen Herausforderungen brauchen vermutlich ein verbessertes Systemverständnis, wodurch der Zeitfaktor kritisch werden könnte. 	<p>Keine Fragen, Annahmen zur technologischen Entwicklung mussten für die Modellierung exogen vorgegeben werden.</p>
Verfügbarkeit natürlicher Ressourcen	<ul style="list-style-type: none"> › Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserressourcen sind regional sehr unterschiedlich. Auch in der Schweiz wird die Verfügbarkeit von Wasser aufgrund schmelzender Gletscher sinken. Die Wasserversorgung wird aber mit einem optimierten Wassermanagement gesichert sein. 	<p>Wasser wird international knapp oder die Verfügbarkeit wird stärkeren Schwankungen unterliegen:</p> <ul style="list-style-type: none"> › Hat dies Auswirkungen auf die Schweiz? › Wird Wasser stärker zur Ressource mit hohem Marktwert und so der Wassermarkt ökonomisch bedeutender?
	<ul style="list-style-type: none"> › Ein stetiger Preisanstieg des Erdöls leitet den Übergang in eine weniger erdölabhängige Wirtschaft ein. 	<ul style="list-style-type: none"> › Wird die Klimapolitik in OECD-Ländern dazu führen, dass sich Investitionen in die Erschliessung/Förderung alternativer Energiequellen/Technologien erhöhen?
	<ul style="list-style-type: none"> › Auswirkungen des Klimawandels auf andere natürliche Ressourcen/Rohstoffe sind für die Schweiz nicht relevant. 	<ul style="list-style-type: none"> › Wirkt sich der Klimawandel auf andere natürliche Ressourcen aus, die für die Schweiz relevant sind?
Zusammenwirken mit anderen globalen Prozessen	<ul style="list-style-type: none"> › Die Auswirkungen des Klimawandels überlappen und wirken zusammen mit Auswirkungen anderer globaler Prozesse wie Landdegradation, Biodiversität, Luftverschmutzung etc. Diese sind oft nicht zu trennen. › Der Klimawandel wird negative Auswirkungen globaler Prozesse verstärken. 	<ul style="list-style-type: none"> › Wie wirken diese globalen Prozesse zusammen? › Gibt es dazu Studien, Erkenntnisse für die Schweiz? › Gibt es andere solche, wichtige, nicht erwähnte globale Prozesse?

A2 METHODISCHE ANSÄTZE ZUR BERECHNUNG VON KLIMASCHÄDEN IN BESTEHENDEN STUDIEN

Bei der Literaturrecherche zu Auswirkungen des Klimawandels auf Weltregionen wurde schnell deutlich, dass verschiedene Studien teilweise stark voneinander abweichende Ergebnisse darstellen. Dies ist auf Unterschiede in der Methodik, den der Studie zugrunde liegenden Annahmen und grundsätzliche Fragen zu intergenerationellen Aspekten, „equity“ Aspekten usw. zurückzuführen.

Die quantitativen Ergebnisse zu den Haupteinflusskanälen wurden zumeist mit Integrated Assessment Models (z.B. Tol 2002a und Kemfert 2002) oder anderen ökonomischen Modellen berechnet. Um die Vorgehensweise bei der Berechnung mit Integrated Assessment Models nachzuvollziehen und die Bedeutung derer Ergebnisse einschätzen zu können, gibt dieses Kapitel einen Überblick über methodische Ansätze zur Berechnung von Klimaschäden. Dabei zeigen wir insbesondere auf, wie die Verbindung von physical impacts und economic impacts hergestellt wird. Aufgrund der Literaturrecherche kann festgestellt werden, dass die meisten Ergebnisse auf drei zentralen Schritten beruhen.

Schritt 1: Annahmen für die Berechnung der physischen und ökonomischen „Impacts“ und ggf. Festlegen eines Benchmarks

Die Annahmen, die bei der Berechnung von Klimakosten verwendet wurden, können die Ergebnisse zentral beeinflussen. Dies betrifft einerseits die Herleitung von „physical impacts“ (z.B. Wahl des zugrunde liegenden GCM-Modells²⁰ und dessen Kalibrierung auf ein SRES-Szenario) sowie die Ableitung von economic impacts in ökonomischen Modellen:

- › **Wahl der Klimaszenarien:** spezifische Klimaszenarien der IPCC-Szenariengruppe, Temperaturanstieg, Anstieg der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre, probabilistische Klimaszenarien, usw.,
- › Bei den Klimaszenarien gibt es auch unterschiedliche Annahmen über das **Potential von Senken**,
- › **Zeithorizont der Studie:** die gewählten Zeithorizonte variieren stark; aufgrund meist nicht-linearer Zusammenhänge können Ergebnisse nicht heruntergebrochen oder extrapoliert werden [Achtung: einzelne Studien basieren ihre Ergebnisse auf ein solches temporales Downscaling, z.B. Deke et al. 2001 und auch Tol 2002a und 2002b. „*The benchmark most often used is a*

²⁰ GCM-Modelle (Global Climate Model oder General Circulation Model) beschreiben die Veränderungen atmosphärischer (AGCM) oder ozeanischer (OGCM) Zirkulation. Beide Modelle gekoppelt (AOGCM) ergeben die Basis zur Berechnung klimatischer Änderungen.

CO₂-doubling compared to pre-industrial times. We therefore need to downscale these estimates since a doubling will most likely not take place until the year 2030. The functional form for this downscaling can only be chosen on an ad-hoc basis.” (Deke et al. 2001, S. 33),

- › **Baseline-Szenario:** den Studien liegen teilweise unterschiedliche Annahmen über wirtschaftliche Entwicklung, Bevölkerungsentwicklung, Rolle des technologischen Fortschritts (Wachstumsmodelle) usw. zugrunde. In den Klimaszenarien des IPCC sind diese Faktoren in den unterschiedlichen Szenariengruppen widergespiegelt.
- › **Berücksichtigung von „equity-Fragestellungen“:** Wahl der Diskontrate und Berücksichtigung von regionalen Unterschieden (equity weighting). Insbesondere die Diskontrate kann die Ergebnisse stark beeinflussen, da die in der Zukunft anfallenden Klimaschäden systematisch „klein“ aber auch „gross“ gerechnet werden können. Die Kritik am Stern-Review bezieht sich schwerpunktmässig auf dessen Wahl einer Diskontrate von 0.1 (vgl. z.B. Nordhaus 2006).
- › Annahmen über die Rolle des **technischen Fortschritts**, insbesondere im Energiesystem
- › In den Studien werden unterschiedliche Annahmen über **Anpassungsmassnahmen** zugrunde gelegt. Hier sind unterschiedliche Aspekte von Anpassungsmassnahmen zu berücksichtigen (siehe Figur 40).

General Differentiating Concept or Attribute	Examples of Terms Used	
Purposefulness	autonomous spontaneous automatic natural passive	planned purposeful intentional policy active strategic
Timing	anticipatory proactive <i>ex ante</i>	responsive reactive <i>ex post</i>
Temporal Scope	short term tactical instantaneous contingency routine	long term strategic cumulative
Spatial Scope	localized	widespread
Function/Effects	retreat - accommodate - protect prevent - tolerate - spread - change - restore	
Form	structural - legal - institutional - regulatory - financial - technological	
Performance	cost - effectiveness - efficiency - implementability - equity	

Figur 40 Systematische Darstellung unterschiedlicher Formen von Anpassungsmassnahmen. Quelle: Smit et al. (1999): The Science of Adaptation: a Framework for Assessment.

Schritt 2: Wahl/Berücksichtigung von physical impacts

Der Grossteil der ökonomischen Studien basiert auf Aussagen über physische Aspekte, die mit Global Circulation Models (GCM) generiert wurden. Neuere Studien basieren teilweise auf regionalen Klimamodellen, die ein downscaling der globalen bzw. überregionalen Ergebnisse ermöglichen (siehe Abschnitt 2.2.1 der Vorstudie). Regionale impacts werden z.B. vom Japan Meteorological Research Institute analysiert (vgl. Harasawa 2006, S. 244).

Dabei ist zu berücksichtigen, dass sich die verfügbaren GCMs in ihrer Komplexität, Aktualität und ihren zugrunde liegenden Annahmen unterscheiden und daher unterschiedliche Ergebnisse generieren.

Bei einigen Integrated Assessment Models (z.B. WIAGEM) wird ein Klimamodell (oft vereinfachter Art) in das Gesamtmodell integriert („the economic model is paired with a model of the ocean carbon cycle and climate“).

Schritt 3: Ableiten ökonomischer impacts über physical impacts

Aus Basis der physical impacts können mit Hilfe ökonomischer Modelle, Aussagen über die Kosten des Klimawandels für einzelne Bereiche/Sektoren oder die Volkswirtschaft als Ganzes generiert werden. Dabei muss die grundlegende Ausgestaltung der Modelle berücksichtigt werden:

- › Den ökonomischen Modellen liegt ein Wachstumsmodell zugrunde: in der Wahl des Wachstumsmodells spiegeln sich Annahmen über die Rolle des technologischen Fortschritts, des Humankapitals, usw. wieder.
- › Da es in allen Modellen um die Optimierung der Wohlfahrt geht, muss eine Nutzenfunktion gewählt werden. Der Nutzen ist dabei zumeist eine Funktion des Konsums, kann jedoch auch andere Nutzenmasse, insbesondere non-market values oder „Wohlfühlmasse“ beinhalten. So wäre es z.B. auch vorstellbar, die Nutzenfunktion auf Indikatoren wie den Happiness-Index oder ähnliche Ansätze zu basieren. Der Stern-Review wählt eine „klassische“ Nutzenfunktion, die über den Konsum abgeleitet wird. Kritisiert wird am Ansatz von Stern die Wahl einer logarithmischen Nutzenfunktion, durch die der Effekt der niedrigen Diskontrate noch verstärkt wird (vgl. Nordhaus 2006, S. 10).

Über funktionale Zusammenhänge (Sub-Modelle einzelner Wirtschaftsbereiche) werden die physischen Auswirkungen des Klimawandels auf ökonomische Einflussgrößen übertragen (z.B. wurde in der Produktionsfunktion der Landwirtschaft Temperatur und Niederschlag abgebildet). Non-market values wurden bei diesem Ansatz nicht berücksichtigt. Teilweise wurden bei der

Wahl der physical impacts mehrere Studien berücksichtigt, um die Unsicherheiten im System zu reduzieren. Falls diesen Studien unterschiedliche Annahmen zugrunde liegen, können die Ergebnisse mit Hilfe statistischer Methoden auf ein Temperaturszenario vereinheitlicht oder um Annahmen zu Anpassungsmassnahmen oder z.B. CO₂-Düngungseffekt bereinigt/vereinheitlicht werden (vgl. Tol 2002a).

In diesem Schritt unterscheiden sich die Studien stark in der Komplexität der Sub-Modelle und generieren somit, auch bei Zugrundelegung der gleichen GCM-Modelle und Klimaszenarien, voneinander abweichende Ergebnisse.

- › Einige Studien basieren ihre Sub-Modelle auf bestehenden Daten/Beobachtungen (z.B. beobachtete Auswirkungen von Überflutungen auf Malaria-Erkrankungen).
- › Bezüglich der Veränderung von Getreideerträgen können z.B. empirisch-statistische Methoden, „process-based crop growth models“ und analoge Studien verwendet werden (vgl. Deke et al. 2001, S. 35).

In vielen Studien, insbesondere in Meta-Analysen bzw. Synthesestudien (wie einige der Hintergrundberichte des Stern-Review) sind die funktionalen Zusammenhänge zwischen physischen Auswirkungen und ökonomischem Output nicht detailliert dargestellt, so dass der Schritt der Modellierung für den Leser eine Art „black box“ bleibt.

Nur wenige Studien stellen die Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen ökonomischen Teilmodellen und unterschiedlichen Handelsräumen dar. Nach Stand der Literaturrecherche vom 27.1.2007 betrachten nur Deke et al. (2001) die Auswirkungen auf Handelsströme. Mit Hilfe des allgemeinen Gleichgewichtsmodells DART analysieren sie die Auswirkungen des Klimawandels auf Produktion der Landwirtschaft, die Veränderung der relativen Faktorpreise sowie die Veränderung der komparativen Vorteile der landwirtschaftlichen Produktion. Im Vergleich zum Referenzszenario sinkt die landwirtschaftliche Produktion in den Entwicklungsländern, wo sie derzeit oft einen zentralen Wirtschaftsbereich darstellt. In den Industriestaaten profitiert die landwirtschaftliche Produktion dagegen zumindest kurzfristig von gemässigeren Temperaturen im Winter.

A3 WIRKUNGSMATRIX

	Westeuropa	Synthese/Trends/Bandbreiten
Physische Aspekte	<ul style="list-style-type: none"> - Temperatur steigt, bis 2080 um 1,4-5,5°C (PIK & Ecologic 2007) - Niederschlagssummen nehmen ab, häufigere Trockenperioden [STERN, S. 128]. Änderung des Niederschlags -20 bis +30% (PIK und Ecologic 2007) - häufigere Extremereignisse (z.B. Starkniederschläge) Zunahme von Hochwasser v.a. im Winter und von Dürren im Sommer (PIK und Ecologic 2007) - Meeresspiegelanstieg in Gesamteuropa: 0.3-0.5m bis 2100 (IPCC 2007), aber Unsicherheiten und regionale Unterschiede; 9% aller europäischen Küsten liegen weniger als 5m über NN und werden potenziell von MSA und Sturmfluten betroffen sein, besonders betroffen: Niederlande, Belgien, Deutschland, Dänemark. 	<ul style="list-style-type: none"> - im Vergleich zu anderen Regionen gemässiger Anstieg der Temperaturen, - Veränderung der Niederschläge nicht eindeutig, - Häufigere Extremereignisse, - Küstennahe Gebiete stark durch MSA gefährdet.
Ressourcen („Humankapital“, Kapital und natürliche Ressourcen)	<ul style="list-style-type: none"> - kältebedingte Sterbefälle nehmen ab, hitzebedingte zu [STERN, S. 126] - bis 2080 wird die Anzahl der zusätzlichen Todesopfer in den südlichen Regionen die Reduktion der Todesopfer durch kalte Winter übersteigen. In einem A2 Szenario mit einem Temperaturanstieg von 3°C (2071-2100 gegenüber 1961-1990) beträgt der Nettoeffekt 86.000 Todesopfer. Mit einem Temperaturanstieg von 2.2°C (B2) halbiert sich diese Zahl auf 36.000 Todesopfer (COM 2007, S. 20). - Zunahme von Allergien - Süsswasserressourcen Europa sinken: baseline: 1765 km³/Jahr bei T-Anstieg 1-2°C: -3% bis -16% (1712 bzw. 1479 km³/Jahr), bei T-Anstieg 3-4°C: -8% bis -30% (1631 bzw. 1239 km³/Jahr) [TYNDALL, S. 177] - OECD-E: Ein Temperaturanstieg von 1°C verringert Sterbefälle um 90.900 Menschen (weniger Todesopfer durch wärmere Winter übersteigt zusätzliche Todesopfer durch heissere Sommer) (Tol 2002a). - Unter optimistischen Annahmen führen geringere Güterpreise und ein höheres Arbeitsangebot zu höheren Einkommen und somit zu höheren Ausgaben für Konsum- und Investitionsgüter (Jorgensen 2004, S. 17). - Nördliches Europa: Zunahme der Produktivität von Wäldern durch höhere Temperaturen und CO2-Düngungseffekt (EEA 2005) - Abschwächen oder Unterbruch der thermohalinen Zirkulation (Golfstrom) bedeutet in Nordeuropa mehr Fischwasser in Form von Eis, mehr Winterniederschlag in Form von Schnee im maritimen Westeuropa und damit verzögerter Abfluss dann erst im Frühjahr zur Schneeschmelze [ARNELL, S. 12] 	<ul style="list-style-type: none"> - Wasserressourcen werden knapper. (regional unterschiedlich; betrifft Südeuropa stärker!) - Unterschiedl. Aussagen zu Humankapital, tendenziell mehr Sterbefälle (wenn man die etwas älteren Ergebnisse von Tol nicht berücksichtigt). Gesundheitsbedrohung durch Extremereignisse (v.a. Hochwasser), Hitzeperioden im Sommer, und Krankheiten; aber weniger kältebedingte Sterbefälle
Sektorale Änderungen: Landwirtschaft	<ul style="list-style-type: none"> - Anstieg der T (in Massen) erhöht Erträge aus LW im Norden (abhängig von Wasservorräten und CO2-Gehalt) [STERN, S. 124] - nordwärts Verschiebung LW: 2003 Ertragszunahme um 25% (Irland) und 5% (Skandinavien) während Südeuropa 25% Abnahme zu verzeichnen hatte [STERN, S. 125]. Verluste in der LW aufgrund von Hitze-welle (2003 → 15 Mia. \$) könnten 2050 normal sein [STERN, S. 122] - Veränderungen in der landwirtschaftlichen Produktion für die Jahre 2020 und 2080: unter Einfluss von Temperatur und sich ändernden hydrologischen Verhältnissen Anstieg der Produktion in den nördlichen 	<ul style="list-style-type: none"> - Landwirtschaftlicher Ertrag im Norden ↑, höhere Produktion von Weizen und Mais - im Süden ↓: -1,9 bis 25% - steigende Erträge aus Forstwirtschaft

	Westeuropa	Synthese/Trends/Bandbreiten
	<p>Bereichen: +2.8 bis 70%. Rückgang der Produktion in südlichen Regionen: -1.9 bis -22.4% (COM 2007, S. 19).</p> <ul style="list-style-type: none"> - OECD-Europa: Bei Temp.anstieg von 2.5°C: Landwirtschaftliche Produktion steigt um 0.55% (ohne Anpassung) und um 2.09% (mit Anpassung) (Tol 2002a). Dynamische Werte: je Temp.anstieg von 0.04°C steigt die landwirtschaftliche Produktion um 0.838% (mit Anpassung) (Tol 2002b). - Forstwirtschaft in OECD-E: + 134 Mio. US\$ je 1°C Temp-anstieg (Tol 2002a, 2002b). - Ertragssteigerung von Weizen könnte für ganz Europa im Jahr 2050 bei 37% (B2) bis 101% (A1) liegen (IPCC 2007, 22) - Für Maisanbau geeignete Fläche könnte bis 2100 um 30bis 50% zunehmen (IPCC 2007). 	
Sektorale Änderungen: Industrie + Energie	<ul style="list-style-type: none"> - Probleme bei der Energieversorgung aufgrund zu hoher T bzw. verändertem Energieverbrauch (während der Hitzewelle 2003 stieg der Stromverbrauch für Klimatisierung stark an, zudem konnten Atomkraftwerke weniger produzieren, da das Flusswasser, welches zur Kühlung gebraucht wurde, zu warm war) [STERN, S. 126] - Stromversorgung: Auswirkungen der Klimaänderungen auf Nachfrage (weniger Energie für Heizen im Winter, mehr für Klimaanlage im Sommer), aber auch Erzeugung von Energie (besonders betroffen: Wasserkraft; Kraftwerke mit Kühlwasserbedarf) und Versorgungsnetze (PIK und Ecologic 2007) - Ausgaben für Energie in OECD-E: Ausgaben für Heating sinken bei 1°C Temp.anstieg um 13.1 Mia. US\$, Ausgaben für Klimatisierung und Kühlung steigen um 20.2 Mia. US\$ (gesamt negativer Effekt von 7.1 Mia. US\$) (Tol 2002a) 	<ul style="list-style-type: none"> - Energie: Nachfrage steigt, Produktion mit bisher bestehenden Technologien sinkt, → entweder verstärkter Ausbau der erneuerbaren Energien, Energieeffizienz oder höhere Energieimporte.
Sektorale Änderungen: Dienstleistungen/Banken	<ul style="list-style-type: none"> - nordwärts Verschiebung von Tourismus (Sommer), Ökosystemen [STERN, S. 126] - Wintertourismus wird eingeschränkt und verliert Einnahmen [STERN, S. 126] - Tourismus: Regional unterschiedliche Auswirkungen; Verschiebung von Touristenströmen wahrscheinlich (bessere Voraussetzungen für Sommertourismus wg. höherer Temperaturen; Bedrohung für Wintersport, mögliche negative Effekte für Küstentourismus durch Meeresspiegelanstieg, an der Atlantikküste ausserdem durch erhöhten Niederschlag. - Wasserwirtschaft: Druck auf Entwässerungssysteme durch intensivere Starkregenereignisse; bei Trockenheit verstärkte Wasseraufbereitung nötig, auf weil Belastung der Gewässer steigt; - Infrastruktur allgemein: Schäden durch häufigere Extremereignisse (Sturm, Hochwasser, Erdbeben, Erosion, Hitze...) 	<ul style="list-style-type: none"> - Verschiebung von Tourismusströmen in Richtung Norden, aber weniger Wintertourismus (Veränderung Netto-Einnahmen Tourismussektor schwer zu prognostizieren). - Zusätzliche produktive Investitionen im Bereich Wasserwirtschaft und Infrastruktur.
Versicherungswesen	<ul style="list-style-type: none"> - Zunahme von Schäden aus Starkniederschlägen, Überflutungen und Stürmen (UK) [STERN, S. 128] - Ein Anstieg der durchschnittlichen und extremen Schäden führt zu einem erhöhten Risiko und Kapitalbedarf bei Versicherungsgesellschaften (ABI 2005, S. 36). -> Prämienlast der Wirtschaft steigt. - mehr Ansprüche für Versicherungsleistungen werden geltend gemacht – evtl. müssen neue Versicherungsmodelle genutzt werden (Differenzierung der Prämien je nach Risiko) (PIK und Ecologic 2007) - Für UK wird mit einem jährlichen Anstieg der Versicherungskosten um 2 bis 4% gerechnet (IPCC 2007) 	<ul style="list-style-type: none"> - Versicherungsschäden und -prämien steigen, erhöhter Bedarf an Risikokapital mit Wirkungen auf BIP. - Evtl. Entwicklung von neuen Versicherungsmodellen oder höhere Versicherungspolicen.

	Westeuropa	Synthese/Trends/Bandbreiten
Investitions- entscheidungen	<ul style="list-style-type: none"> - Kostenintensive Schutzbauten notwendig - Versicherte Schäden durch extreme Windstürme in Europa könnten um 1,6 bis 2 Mia € ansteigen (heutiges Niveau: 24-28 Mia. €). Dies entspricht einem Anstieg von 5%. Die Kosten von zusätzlichen Überflutungen sind in diesen Zahlen nicht inbegriffen (ABI 2005, S. 24). - vorläufige Ergebnisse für Überschwemmungen: In Europa entstehen derzeit jährliche Schäden in Höhe von 6,5-8 Mia. €. Diese Schäden könnten sich durch den Klimawandel um 120-150 Mia. € erhöhen (!!). [Ableitung für ganz Europa durch Extrapolation der UK-Ergebnisse] (ABI 2005, S. 27). - Kosten für protection costs (sea level rise): 1.7 Mia. US\$/Jahr bei einem Meeresspiegelanstieg von 1 m (Tol 2002a) - Mögliche Investitionen in Wasser- und Abwasserversorgung - Mögliche Investitionen in Schifffahrtsstrassen - Mögliche Investitionen im Bereich Tourismus (Verschiebung von Touristenströmen, Diversifizierung/neue Schwerpunkte, Verschiebung von Skigebieten in höhere Lagen etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> - Anstieg des Meeresspiegels führt zu Anpassungskosten in Milliardenhöhe - Unproduktive Investitionen in Anpassungsmassnahmen ↑ → produktive Investitionen ↓ → Wachstum wird gebremst - Jedoch: zusätzlich produktive Investitionen durch Ausbau Schifffahrt und Umstrukturierung Tourismusbereich.
Technologien	<ul style="list-style-type: none"> - Möglicherweise stärkere Nachfrage nach Technologien, die zur Anpassung genutzt werden können, z.B. Meerwasserentsalzung, Binnenschiffe, die an niedrige Wasserstände angepasst sind, effiziente Bewässerungstechnik in der Landwirtschaft, Systeme zur Wiederverwendung von Brauchwasser und Regenwassersammlung, Verbesserung der Wassernutzungseffizienz (z.B. Haushalte, Tourismus, Industrie, Kühlwassersysteme) 	<ul style="list-style-type: none"> - Hohe Nachfrage nach neuen Technologien → Forschung und Entwicklungstätigkeit in diesem Bereich steigt
Verhaltensänderungen	<ul style="list-style-type: none"> - weitere Zunahme von Allergien - hitzebedingte Sterbefälle nehmen zu, kältebedingte ab - unbehagliches Leben in der Stadt im Sommer [STERN, S. 128] - Änderungen der Touristenströme (siehe Dienstleistungen) 	

	Westeuropa	Synthese/Trends/Bandbreiten
Haupteinflusskanäle		
Handelsströme	<ul style="list-style-type: none"> - Landwirtschaft: im Westen und Norden Europas weniger Importe aus dem Süden, bei Futtermitteln in Dürreperioden steigende Importe - Verstärkte Nachfrage nach Energie erfordert höhere Energieimporte - Eigenbedarf an neuen Technologien fördert F&E in diesem Bereich und öffnet neue Exportmärkte 	
Migration	<ul style="list-style-type: none"> - 70% der Bevölkerung der NL ist bei 1m MSA betroffen [STERN, S. 128] - 9 Mill. Menschen in Europa würden jährlich von Überschwemmungen heimgesucht werden, bei einem T-Anstieg von bis zu 4°C nach dem A2 Szenario (in Süd-asien würde dies 156 Mill. Menschen betreffen [TYNDALL, S. 68] - OECD-E: Emigranten durch einen Meeresspiegelanstieg von 1 m: 220.000 Menschen, Immigranten: 640.000 (Tol 2002a). <p>→ Eher Netto-Zuwanderung nach Europa und verstärkte Binnenwanderung in der EU.</p>	
Kapital- und Devisenmärkte	<ul style="list-style-type: none"> - Investitionen in Anpassungsmassnahmen steigen → Kapitalerträge sinken → Zinsen sinken - Durch Gefährdung einzelner Küstenregionen durch MSA und Extremereignissen fließt weniger ausländisches Kapital in einige Regionen, dafür aber verstärkt in weniger vulnerable Bereiche (Effekt gleicht sich wahrscheinlich aus). - Nach Extremereignissen: Nachfrage nach Kapital steigt → Kapitalbedarf muss teilweise im Ausland gedeckt werden. 	
Gesamtwirtschaftliche Entwicklung (BIP) und Kaufkraft	<ul style="list-style-type: none"> - Das BIP wird durch einige Kanäle positiv beeinflusst: höhere Produktion in der Landwirtschaft, Ausbau Schifffahrt und Umstrukturierung Tourismus. Zudem entstehen kurzfristig positive Effekte durch Wiederaufbau nach Extremereignissen (z.B. höhere Aufträge in der Bauwirtschaft). - Die Mehrzahl der Einflusskanäle wirkt sich jedoch negative aus: Auswirkungen Klimawandel auf Humankapital, langfristiger Einfluss von Extremereignissen, Verdrängung produktiver Investitionen durch Anpassungsmassnahmen. <p>Aussagen zu Bandbreiten aus der Literatur:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 0,5% bis 1% des BIP für Kosten durch Extremereignisse bis 2050 weltweit [STERN, S. 131] - 0,2% bis 0,4% des BIP UK für Schäden durch Überflutungen [STERN, S. 122] - 0,01% bis 0,02% des BIP für Küstenschutz/Landverlust bei 1m MSA - Summe verschiedener Impacts aus WIAGEM für EU 15: Kosten des Klimawandels: bis 2030: 0.667% des BIP, Kosten bis 2050: 0.723% des BIP (Kempf 2002) [Angaben beziehen sich auf BIP in 2030 und 2050 im Baseline-Szenario/Szenario ohne Klimawandel). - B2-Szenario (niedriger Anstieg des Meeresspiegels): ohne Anpassung: Kosten bis 2020: 4.4 Mia. €, bis 2080: 9.3 Mia. €; mit Anpassung: Kosten bis 2020: 2.3 Mia. € (inkl. Anpassungskosten), bis 2080: 2.2 Mia. €. → 4,4 Mia. € in 2020 entsprechen 0,05% des BIP von 2005 der EU 15; 9.3 Mia. € entsprechen knapp 0.1%. - A2-Szenario (hoher Meeresspiegelanstieg): ohne Anpassung: Kosten bis 2020: 5.9 Mia. €, bis 2080: 42.5 Mia. €, mit Anpassung: Kosten bis 2020: 5.4 Mia. €, bis 2080: 11.1 Mia. € (COM 2007, S. 21). → 5.9 Mia. € in 2020 entsprechen 0.6% des BIP von 2005 der EU 15; 42.5 Mia. € (ohne Anpassung) entsprechen 0.4% des BIP. <p>→ Die Ergebnisse in bestehenden Studien bezüglich der Änderung des BIP prognostizieren nur eine geringe Auswirkung des Klimawandel aus das BIP in Westeuropa: für den Zeitraum 2020/2030 liegt die Bandbreite zwischen 0.05% des BIP (aber unterschätzt da auf Basis 2005 BIP Zahlen berechnet) und 0,7%.</p> <p>Für den Zeitraum 2050/2080 liegt die Bandbreite zwischen 0.4% und 0.7% des BIP.</p> <p>In diesen Zahlen sind jedoch Extremereignisse sowie die Auswirkungen der anderen HEKs auf das BIP nicht berücksichtigt.</p>	

	Südeuropa	Synthese/Trends/Bandbreiten
Physische Aspekte	<ul style="list-style-type: none"> - Temperatur steigt - Niederschlagssummen nehmen ab, um bis zu 70% Abnahme des Sommerniederschlags in manchen Simulationen (A2; IPCC 2007); Jahresabfluss nimmt um 20-30% bis 2050 und bis zu 60% bis 2080 ab (IPCC 2007). - häufigere Extremereignisse (z.B. Starkniederschläge, Dürreperioden) (vgl. z.B. Arnell 2006, S. 14). - Meeresspiegelanstieg - Meeresspiegelanstieg in Gesamteuropa: 0.3-0.5m bis 2100 (IPCC 2007), aber weniger Tiefland-Gebiete in Südeuropa 	<ul style="list-style-type: none"> - Temperaturanstieg, - Abnehmende Niederschläge verstärken den Effekt des Temperaturanstiegs - Zunahme von Extremereignissen, MSA jedoch für Südeuropa weniger relevant.
Ressourcen („Humankapital“, Kapital und natürliche Ressourcen)	<ul style="list-style-type: none"> - teilweise Wasserknappheit: 20% bis 30% Verlust bei 2°C T-Zunahme bzw. 40% bis 50% Verlust bei 4°C T-Zunahme [STERN, S. 123] - Bis 2085 könnten 236 Mill. Menschen in Europa unter Wasserknappheit leben (A2), bei einem Zusammenbruch der thermohalinen Schichtung 2055 könnte sich diese Zahl auf 294 Mill. erhöhen, bei einem Kollaps im Jahre 2035 wären dann nur 173 Mill. betroffen, da sich das Klima dann wieder „erholen“ würde [ARNELL, S. 9] - OECD-E: Ein Temperaturanstieg von 1°C verringert Sterbefälle um 90.900 Menschen (weniger Todesopfer durch wärmere Winter übersteigt zusätzliche Todesopfer durch heissere Sommer) (Tol 2002a). aber: Hitzetote (ganz Europa) während der Hitzewelle 2003 werden auf 20.000 geschätzt (EEA 2005). - Gesundheitsbedrohung durch Hochwasser, Hitzeperioden im Sommer, und Ausbreitung von Krankheiten - Produktivität von Wäldern sinkt wegen höherer Temperaturen und Trockenheit (EEA 2005); erhöhtes Waldbrandrisiko 	<ul style="list-style-type: none"> - Wasserknappheit wirkt sich auf Humankapital aus sowie auf landwirtschaftliche Produktion - Belastung der Bevölkerung durch Hitzestress und Krankheiten.
Sektorale Änderungen: Landwirtschaft	<ul style="list-style-type: none"> - Anstieg der T führt zur Ertragsabnahme: 2003 Verlust um 25% [STERN, S. 125] - nordwärts Verschiebung von LW [STERN, S. 128] - Veränderungen in der landwirtschaftlichen Produktion für die Jahre 2020 und 2080: Rückgang der Produktion in südlichen Regionen: -1.9 bis -22.4% (COM 2007, S. 19). - OECD-Europa: Bei Temp.anstieg von 2.5°C: Landwirtschaftliche Produktion steigt um 0.55% (ohne Anpassung) und um 2.09% (mit Anpassung) (Tol 2002a). Dynamische Werte: je Temp.anstieg von 0.04°C steigt die landwirtschaftliche Produktion um 0.838% (mit Anpassung) (Tol 2002b). - Forstwirtschaft in OECD-E: + 134 Mio. US\$ je 1°C Temp-anstieg (Tol 2002a, 2002b). aber: Produktivität von Wäldern sinkt wegen höherer Temperaturen und Trockenheit (EEA 2005), erhöhtes Waldbrandrisiko. - Erhöhter Bedarf an Bewässerung [ARNELL, S. 14] zieht höhere Kosten für landwirtschaftliche Produkte nach sich. 	<ul style="list-style-type: none"> - Landwirtschaftliche Produktion nimmt in Südeuropa um 1.9-25% ab.
Sektorale Änderungen: Industrie + Energie	<ul style="list-style-type: none"> - Kühlwasserproblematik stärker als in Westeuropa, - Energieversorgung: Wasserkraftpotenzial könnte in Südeuropa bis 2070 um 25% abnehmen (EEA 2005) - Probleme bei der Energieproduktion aufgrund zu hoher T bzw. veränderter Energieverbrauch. Während der Hitzewelle 2003 konnten Atomkraftwerke nicht produzieren, da das Flusswasser, welches zur Kühlung gebraucht wurde, zu warm war 	<ul style="list-style-type: none"> - Energie: erhöhte Nachfrage nach Energie, Produktion mit bestehenden Technologien geht jedoch zurück - → entweder verstärkter Ausbau Erneuerbarer Energien oder höhere Importe notwendig.

	Südeuropa	Synthese/Trends/Bandbreiten
	<ul style="list-style-type: none"> - Ausgaben für Energie in OECD-E: Ausgaben für Heating sinken bei 1 °C Temp.anstieg um 13.1 Mia. US\$, Ausgaben für Kälte und Klimatisierung steigen um 20.2 Mia. US\$ (gesamt negativer Effekt von 7.1 Mia. US\$) (Tol 2002a). 	
Sektorale Änderungen: Dienstleistungen/Banken	<ul style="list-style-type: none"> - nordwärts Verschiebung von Tourismus (Sommer), Ökosystemen [STERN, S. 128] möglicher Rückgang des Touristenflusses aus Nordeuropa im Sommer (heute grösster Touristenstrom der Welt!) wegen Hitze/Trockenheit; mögliche Verstärkung dieses Effekts falls Krankheiten (z.B. Malaria) an den Küsten Südeuropas Fuss fassen; Infrastruktur durch MSA bedroht. Rückgang des Tourismus könnte sich sehr ungünstig auf wirtschaftliche Entwicklung einzelner Regionen (Beschäftigung!) auswirken. - Wasserversorgung: Rückgang der Wasserverfügbarkeit, plus MSA und Versalzung in Küstenregionen, kann Wasserversorgung gefährden. Möglicherweise Investitionen nötig, z.B. in Entsalzungsanlagen, wassersparende Technologien etc. - Wahrscheinlich: Aufgrund geringeren Erträgen in Landwirtschaft werden mehr Kredite aus diesem Sektor nachgefragt. Die Sicherheitsleistungen für diese Kredite sind jedoch auch durch Klimawandel gefährdet. Banken werden höheres Risiko über höhere Zinsen an Kreditnehmer weitergeben. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sommertourismus geht in einigen Regionen stark zurück → in Regionen, die bisher vom Tourismus leben steigt die Arbeitslosigkeit → Auswirkungen auf Kaufkraft und BIP.
Versicherungswesen	<ul style="list-style-type: none"> - Zunahme von Schäden aus Überflutungen und Stürmen [STERN, S. 128] 	<ul style="list-style-type: none"> - Versicherungsschäden und Prämien steigen, erhöhter Bedarf an Risikokapital mit Wirkungen auf BIP. - Evtl. Entwicklung von neuen Versicherungsmodellen oder höhere Versicherungspolicen.
Investitionsentscheidungen	<ul style="list-style-type: none"> - Kostenintensive Schutzbauten notwendig - Kosten für protection costs (sea level rise): 1.7 Mia. US\$/Jahr bei einem Meeresspiegelanstieg von 1 m (Tol 2002a), - Wasserversorgung: Rückgang der Wasserverfügbarkeit, plus MSA und Versalzung in Küstenregionen, kann Wasserversorgung gefährden. Möglicherweise Investitionen nötig, z.B. in Entsalzungsanlagen, wassersparende Technologien etc. 	<ul style="list-style-type: none"> - Schutzbauten gegen MSA sind weniger relevant als in Nordeuropa. - Dafür sind verstärkte Anpassungsinvestitionen im Bereich der Wasserwirtschaft notwendig.
Technologien	<ul style="list-style-type: none"> - Möglicherweise stärkere Nachfrage nach Technologien, die zur Anpassung genutzt werden können, z.B. Meerwasserentsalzung, Binnenschiffe die an niedrige Wasserstände angepasst sind, effiziente Bewässerungstechnik in der Landwirtschaft, Systeme zur Wiederverwendung von Brauchwasser und Regenwassersammlung, Verbesserung der Wassernutzungseffizienz (z.B. Haushalte, Tourismus, Industrie, Kühlwassersysteme) 	<ul style="list-style-type: none"> - Hohe Nachfrage nach neuen Technologien → Forschung und Entwicklungstätigkeit in diesem Bereich steigt
Verhaltensänderungen	<ul style="list-style-type: none"> - hitzebedingte Sterbefälle nehmen zu, kältebedingte ab - unbehagliches Leben in der Stadt im Sommer - Ausbreitung malariaübertragenden Mosquitos - Änderungen der Touristenströme (siehe Dienstleistungen) 	

	Südeuropa	Synthese/Trends/Bandbreiten
Haupteinflusskanäle		
Handelsströme	<ul style="list-style-type: none"> - Landwirtschaftliche Produktion sinkt - Energieimporte steigen - Eigenbedarf an neuen Technologien fördert F&E in diesem Bereich und öffnet neue Exportmärkte 	
Migration	<ul style="list-style-type: none"> - OECD-E: Emigranten durch einen Meeresspiegelanstieg von 1 m: 220.000 Menschen, Immigranten: 640.000 (Tol 2002a). 	
Kapital- und Devisenmärkte	<ul style="list-style-type: none"> - Investitionen in Anpassungsmassnahmen steigen → Kapitalerträge sinken → Zinsen sinken - Aufgrund zunehmender Temperaturen und Dürre werden weniger ausländische Investoren in Immobilien z.B. am Mittelmeer (Südfrankreich, Spanien...) investieren → dieses Kapital fliesst in andere Anlageformen. - Nach Extremereignissen: Nachfrage nach Kapital steigt → Kapitalbedarf muss teilweise im Ausland gedeckt werden. - Evtl.: höhere Nachfrage nach Krediten erhöht Zinsen 	
Gesamtwirtschaftliche Entwicklung (BIP)	<ul style="list-style-type: none"> - 0,5% bis 1% des BIP für Kosten durch Extremereignisse bis 2050 weltweit - Summe verschiedener Impacts aus WIAGEM für EU 15: Kosten des Klimawandels: bis 2030: 0.667% des BIP, Kosten bis 2050: 0.723% des BIP (Kemfert 2002) <p>Siehe Westeuropa.</p>	

	Osteuropa/Nordasien/Russland	Synthese/Trends/Bandbreiten
Physische Aspekte	<ul style="list-style-type: none"> - siehe Westeuropa - Häufigere Starkregenereignisse (IPCC 2007 ch10) - tauende Permafrostböden entlassen Treibhausgase - Südosteuropa²¹ (PIK & Ecologic): Zunahme Hochwasser im Winter, Zunahme Dürren im Sommer - Osteuropa²² (PIK & Ecologic): Zunahme Hochwasserrisiko im Winter, Niederschlagsentwicklung unsicher/saisonal verschieden - Temperaturanstieg in Nordasien: 1,69-2,94 °C in der Periode 2010-2039, 3,13-6,65 °C in 2040-2069, 4,00-10,45 °C in 2070-2099 (IPCC 2007, Ch.10, S. 20). Erwärmung vor allem im Winterhalbjahr. - Veränderung der Niederschläge: +4-+16% in 2010-2039, +8-35% in 2040-2069, +10-59% in 2070-2099 (IPCC 2007, Ch. 10, S. 20). - bei einer Vervierfachung der Treibhausgasemissionen → MSA zwischen 1 und 4 Metern [IPCC, Ch. 10, S. 23] 	<ul style="list-style-type: none"> - gemässiger Temperaturanstieg, Erwärmung vor allem im Winter, - häufigere Starkregenereignisse mit Folge von Überschwemmungen,
Ressourcen („Humankapital“, Kapital und natürliche Ressourcen)	<ul style="list-style-type: none"> - längere Vegetationsperiode fördert Wachstum der Wälder Sibiriens [STERN, S. 129] - Dürreperiode fällt länger aus (Südrussland, Ukraine) [STERN, S. 129] - Central and Eastern Europe and former SU: Ein Temperaturanstieg von 1 °C verringert Sterbefälle um 72.300 Menschen (weniger Todesopfer durch wärmere Winter übersteigt zusätzliche Todesopfer durch heisere Sommer) (Tol 2002a). - Vector borne disease in Russia, Eastern and Central Europ. Countries: Kosten in 2030: 0.086% des BIP; Kosten in 2050: 0.114% des BIP (Kemfert 2006). - Höhere Temperaturen können zerebrale Krankheiten v.a. im Sommer verursachen, Ausweitung von vector-borne diseases, insect-borne infectious (Malaria, Dengue) und tick-borne encephalitis [IPCC, Ch. 10, S. 37] - Südosteuropa (PIK & Ecologic): Wasserressourcen nehmen um 10 bis 25% ab. - Osteuropa (PIK & Ecologic): Wasserressourcen +5 bis -20% - In manchen Teilen Russlands verringert sich die durchschnittliche Abflussmenge, so dass die Wasserversorgung der Menschen in diesen Regionen gefährdet ist; in anderen Gebieten nimmt die Häufigkeit von extrem hohen Abflussraten zu / Zunahme von Überschwemmungen [IPCC, Ch. 10, S. 29] 	<ul style="list-style-type: none"> - Humankapital: positiver Effekt des Klimawandels aufgrund wärmerer Winter (weniger Kälteopfer), aber auch Zunahme von Sterbefällen aufgrund von Krankheiten (Netto-Effekt unbestimmt). - Teilweise Wasserknappheit, insbes. in Südosteuropa.
Sektorale Änderungen: Landwirtschaft	<ul style="list-style-type: none"> - höhere T führt zu grösseren LW-Erträgen in Abhängigkeit vom CO2-Gehalt [STERN, S. 124] - Central and Eastern Europe and former SU: Bei Temp.anstieg von 2.5 °C: Landwirtschaftliche Produktion steigt um 0.94% (ohne Anpassung) und um 2.65% (mit Anpassung) (Tol 2002a). Dynamische Werte: je Temp.anstieg von 0.04 °C steigt die landwirtschaftliche Produktion um 1.06% (mit Anpassung) (Tol 2002b). - (Regional werden Dürren aber auch zu Einbussen führen) - Forstwirtschaft in Central and Eastern Europe and former SU: -136 Mio. US\$ je 1 °C Temp-anstieg (Tol 	<ul style="list-style-type: none"> - grundsätzlich ist Landwirtschaft durch Temp.anstieg begünstigt - in südlichen Regionen entstehen jedoch auch Einbussen, die aber über höhere Produktion z.B. in Sibirien ausgeglichen wird.

²¹ Serbien, Kroatien, Bosnien, Albanien, Bulgarien, Rumänien, Mazedonien.

²² Polen, Baltikum, Tschechien, Slowakei, Ungarn, Slowenien, Österreich.

	Osteuropa/Nordasien/Russland	Synthese/Trends/Bandbreiten
	<p>2002a, 2002b).</p> <ul style="list-style-type: none"> - T-Anstieg und NS-Abnahme im Sommer bedrohen in weiten Anbaugebieten Russlands die Produktion von Weizen, Kartoffeln, Mais und Gerste; durchschnittliche Erträge aus Südrussland könnten um 7-29% (2020) bzw. 23-41% (2070) abnehmen, dagegen könnte in Siberien zukünftig Mais, und Hirse angebaut werden [IPCC, Ch. 10, S. 25] 	
Sektorale Änderungen: Industrie + Energie	<ul style="list-style-type: none"> - Verlagerung der Permafrostböden nordwärts mit Folgen für Investitionen in Oil und Gas Projekte [STERN, S. 129] - Schäden an Gebäuden und Infrastruktur (z.B. Öl- und Gaspipelines und für Öl- und Gasgewinnung) durch Tauen von Permafrostböden - Für die Region Nördliches Russland und Skandinavien könnte das Wasserkraftpotenzial bis 2070 um 15-30% zunehmen (Lehner et al. 2005) - wärmere Temperaturen vergrössern die Möglichkeiten der Schifffahrt im Norden (A2) [ARNELL, S. 25] - Ausgaben für Energie in CEE & former SU: Ausgaben für Heating sinken bei 1°C Temp.anstieg um 46 Mia. US\$, Ausgaben für Kälte und Klimatisierung steigen um 18,6 Mia. US\$ (gesamt positiver Effekt von 27,4 Mia. US\$) (Tol 2002a). 	<ul style="list-style-type: none"> - Ausbau Öl- und Gasgewinnung und Schifffahrt. - Aber auch: zusätzlicher Kapitalbedarf aufgrund notwendiger Reparaturen.
Sektorale Änderungen: Dienstleistungen/Banken	<ul style="list-style-type: none"> - Tourismus könnte von höheren Temperaturen profitieren. 30% Zunahme des Tourismussektors bei 1°C T-Zunahme [STERN, S. 126] 	
Versicherungswesen		
Investitions- entscheidungen	<ul style="list-style-type: none"> - Verlagerung der Permafrostböden nordwärts mit Folgen für Investitionen in Oil und Gas Projekte - Kostenintensive Schutzbauten notwendig - Kosten für protection costs (sea level rise): 0.5 Mia. US\$/Jahr bei einem Meeresspiegelanstieg von 1 m (Tol 2002a), 	<ul style="list-style-type: none"> - Produktive Investitionen steigen, - Anpassungsmassnahmen werden notwendig und verdrängen produktive Investitionen (jedoch geringere Relevanz als in West- und Südeuropa). [Fraglich ist auch, in wie weit z.B. in Russland der Staat Anpassungsmassnahmen finanziert, wenn nicht direkt die Industrie gefährdet ist]
Technologien	<ul style="list-style-type: none"> - Möglicherweise Nachfrage nach Anpassungstechnologien (siehe West- und Südeuropa). Vermutlich stehen aber in Osteuropa weniger Ressourcen für Anpassung zur Verfügung. 	<ul style="list-style-type: none"> - Nachfrage nach Technologien steigt.
Verhaltensänderungen	<ul style="list-style-type: none"> - Veränderungen des Permafrostbodens mit Auswirkungen auf die Infrastruktur, Ökosysteme, Kohlendioxidkreislauf, Hydrologie und Abfluss [IPCC, Ch. 10, S. 36] 	

	Osteuropa/Nordasien/Russland	Synthese/Trends/Bandbreiten
Haupteinflusskanäle		
Handelsströme	<ul style="list-style-type: none"> - Abnahme von Heizenergie im Winter → frei für den Export [STERN, S. 129] - Zusätzlicher Export von Mineralöl und Erdgas - Landwirtschaftliche Produktion steigt → Export steigt. <p>[Offene Frage: sind für Ausbau der Öl- und Gasförderung sowie der Schifffahrt Vorleistungen aus der EU notwendig?]</p>	
Migration	<ul style="list-style-type: none"> - Central and Eastern Europe and former SU: Emigranten durch einen Meeresspiegelanstieg von 1 m: 30.000 Menschen, Immigranten: 30.000 (ToI 2002a). 	
Kapital- und Devisenmärkte	<ul style="list-style-type: none"> - Kapital fließt vermehrt nach Osteuropa, insbesondere in den Ausbau von Öl- und Gasförderung, die gemäßigten Temperaturzonen in Osteuropa könnten für einige Investoren interessant werden. 	
Gesamtwirtschaftliche Entwicklung (BIP)	<ul style="list-style-type: none"> - das BIP wird eine Reihe von Einflussfaktoren positiv beeinflusst: insbesondere der Ausbau der Öl- und Gasgewinnung wirkt sich bei weltweit abnehmenden Ressourcen stark aufs BIP aus. - Die Zunahme der landwirtschaftlichen Produktion in nördlichen ländlichen Regionen führt dort zu einem Anstieg der Kaufkraft. - In einzelnen Regionen gibt es aber auch negative Effekte: insbesondere die südlicheren Regionen sind stark von Extremereignissen betroffen und teilweise geht die landwirtschaftliche Produktion zurück. - Summe verschiedener Impacts aus WIAGEM für Russia, Central and Eastern European Countries: Kosten des Klimawandels: bis 2030: 1.16% des BIP, Kosten bis 2050: 1.308% des BIP (Kemfert 2006) - In diesen Ergebnissen sind jedoch einige positive Aspekte, insbesondere der verbesserte Nutzung von Öl- und Gasreserven nicht berücksichtigt. 	

	Nordamerika	Synthese/Trends/Bandbreiten
Physische Aspekte	<ul style="list-style-type: none"> - Betroffen von Meeresspiegelanstieg, 0,09 bis 0,88m von 1990-2100 [IPCC, Ch. 14, S. 31] - Zunehmende Häufigkeit von Stürmen und Hurrikans [STERN, S. 128] und Änderungen des El Nino Effektes (weniger Hurrikans an der Atlantikküste/mehr an der Pazifikküste plus MSA → Instabilität der Küstenzone [IPCC, Ch. 14, S. 32] - Pro ein Grad Anstieg der globalen Temperatur steigt die Temperatur in den USA um 1.3° C und der Niederschlag um 1.6°C (ausser bei den „dry“ and „wet“ scenario) (Jorgensen 2004, S. 8). - Unter optimistischen Annahmen ist der Wendepunkt ein Temperaturanstieg von 3.3°C, in Bezug auf den Niederschlag ist der Wendepunkt ein Niederschlagsvolumen von 130%. Dieser Wendepunkt von 3.3°C wird im „high climate change scenario“ im Jahr 2067 erreicht, im „central scenario“ im Jahr 2110 und im „low scenario“ im Jahr 2230. Unter Berücksichtigung von Effekten durch veränderte Niederschläge, wird der Wendepunkt im „high scenario“ im Jahr 2075, im „central scenario“ im Jahr 2100 und im „low scenario“ erst lange nach 2100 (Jorgensen 2004, S. 10). - Stark von der ENSO²³ beeinflusst, d.h. El Nino bringt verstärkt warme Luft nach Kanada, La Nina hat den gegenteiligen Effekt, El Nino bewirkt häufigere Hurrikans über dem Atlantik, starke Niederschläge und Stürme [IPCC, Ch. 14, S. 24] 	<ul style="list-style-type: none"> - Nordamerika ist insbesondere beeinflusst durch Anstieg des Meeresspiegels und Zunahme von Extremereignissen, - Falls El Nino Phänomen durch Klimawandel verstärkt würde, hätte das erhebliche Auswirkungen auf Nordamerika.
Ressourcen („Humankapital“, Kapital und natürliche Ressourcen)	<ul style="list-style-type: none"> - im Westen Wasserknappheit aufgrund von Gletscherschwund: 25% bis 40% Abnahme bei 2°C Erwärmung bzw. 70% bis 90% Abnahme bei 4°C [STERN, S. 123] - OECD-A: Ein Temperaturanstieg von 1°C verringert Sterbefälle um 50.000 Menschen (weniger Todesopfer durch wärmere Winter übersteigt zusätzliche Todesopfer durch heissere Sommer) (Tol 2002a). - Beschleunigter Klimawandel würde zu einer Verschiebung der Abflussspitze vom Frühjahr in den Winter führen in Gebieten wo der NS bisher als Schnee fällt (Osteuropa, Nordamerika) und den Verlust von grossen Reservoirien bedeuten [ARNELL, S. 12] - Höhere Temperaturen bewirken Verschiebung im saisonalen Wasserkreislauf → frühzeitigere Schneeschmelze und weniger Wasserangebot im Sommer, regionale Abnahme der Schneemasse um bis zu 60%, Akkumulationen in Form von Schnee nehmen zum Ende des 21. Jh. Um bis zu 50-90% in der Sierra Nevada Region ab [IPCC, Ch. 14, S. 26] - Folgen: Bau von Staudammanlagen und Stauseen, neue Pläne zur Vermeidung von Überschwemmungen, Wasserqualität vor allem schlecht im Sommer, Veränderungen in den Ökosystemen [IPCC, Ch. 14, S. 26] - MSA führt zum Eindringen von Salzwasser ins Grundwasser und stört vor allem in grossen Küstenstädten die Wasserversorgung [IPCC, Ch. 14, S. 28] - Höher Wassertemperaturen im Sommer und geringer Flusswasserzufuhr fördern die Eutrophierung in Seen und das Wachstum von Blaualgen → schränkt die Trinkwasserqualität stark ein und führt zu Krankheiten → macht teure technische Massnahmen im öffentlichen Wassernetz notwendig [IPCC, Ch. 14, S. 	<ul style="list-style-type: none"> - Wasserknappheit durch Gletscherschwund und Verschiebung des saisonalen Wasserkreislaufs, - Trinkwasserversorgung in grossen Küstenstädten ist gefährdet. - Humankapital: insgesamt weniger Todesopfer.

²³ El Nino Southern Oscillation.

	Nordamerika	Synthese/Trends/Bandbreiten
	<p>29]</p> <ul style="list-style-type: none"> - Höhere T führt zu einer Erweiterung der Zeitspanne in der Buschfeuer auftreten um 10 bis 30% [IPCC, Ch. 14, S. 34] 	
Sektorale Änderungen: Landwirtschaft	<ul style="list-style-type: none"> - NS-Abnahme (regional) verringert LW-Erträge - Unter Einfluss ändernder hydrologischer Verhältnisse adaptive Veränderungen in der LW: bei >3°C T-Zunahme Ertragseinbußen von 5% bis 20% wegen Sommertrockenheit und hohen Temperaturen [STERN, S. 128] - Es wird geschätzt, dass die „optimale“ Temperatur für die U.S. Landwirtschaft bei 1 bis 6°C wärmer als die derzeitige Durchschnittstemperatur liegt. Für die Landwirtschaft entsteht durch den Klimawandel somit ein potentieller Nutzen. Verringerungen bei den Niederschlägen können dies jedoch mehr als überkompensieren. Im „high and drier“ scenario geht die Produktion der LW um 88% zurück (Kostenfunktion pro Produkteinheit) (Jorgensen 2004, S. 12). - Jorgensen schätzt für verschieden Sektoren den Einfluss des Klimawandels auf Güterpreise. - OECD-America: Bei Temp.anstieg von 2.5°C: Landwirtschaftliche Produktion sinkt um -0.25% (ohne Anpassung) und steigt um 0.99% (mit Anpassung) (Tol 2002a). Dynamische Werte: je Temp.anstieg von 0.04°C steigt die landwirtschaftliche Produktion um 0.398% (mit Anpassung) (Tol 2002b). - Forstwirtschaft in OECD-A: + 218 Mio. US\$ je 1°C Temp.anstieg (Tol 2002a, 2002b). - Mit Zunahme starker Niederschlagsereignisse nimmt Erosion und damit der zusätzliche Nährstoffeintrag aus diffusen Quellen zu, lange Trockenperioden verstärken die Anreicherung von Schadstoffen im Boden durch Ablagerung und Deposition [IPCC, Ch. 14, S. 26, 30] 	<ul style="list-style-type: none"> - eindeutig negativer Effekt auf landwirtschaftliche Produktion → Import von landwirtschaftlichen Produkten steigt.
Sektorale Änderungen: Industrie + Energie	<ul style="list-style-type: none"> - Für Energie liegt der Wendepunkt bei einem Temperaturanstieg von 2.6°C. Dieser Wendepunkt wird im „high scenario“ im Jahr 2055, im „central scenario“ im Jahr 2077 und im „low scenario“ im Jahr 2100 erreicht (Jorgensen 2004, S.10). - Jorgensen schätzt für verschieden Sektoren den Einfluss des Klimawandels auf Güterpreise. - Probleme in Häfen bei niedrigen Wasserständen → kostenintensiv [IPCC, Ch. 14, S. 27] - periodische Änderungen in der Schifffahrt aufgrund von zunehmenden Stürmen, niedrigen Wasserständen der Flüsse, reduzierte Vereisung [IPCC, Ch. 14, S. 43] - Jährliche Verluste für Wasserkraftwerke: 437-660\$ Mill., kleine jährliche Gewinne von 28-2\$ Mill. abhängig vom Wasserstand und dessen Änderungen, dagegen könnte die Energiegewinnung durch Windkraft regional um bis zu 30% zunehmen [IPCC, Ch. 14, S. 41] - Ausgaben für Energie in OECD-A: Ausgaben für Heating sinken bei 1°C Temp.anstieg um 22.1 Mia. US\$, Ausgaben für Kälte und Klimatisierung steigen um 10.9 Mia. US\$ (gesamt positiver Effekt von 11.2 Mia. US\$) (Tol 2002a). 	<ul style="list-style-type: none"> - Energie: Nachfrage sinkt aber Energiegewinnung geht auch zurück, da weniger Wasserkraft zur Verfügung steht → evtl. verstärkter Ausbau erneuerbarer Energien notwendig. - Transport von Handelsgütern über den Wasserweg wird teurer.
Sektorale Änderungen: Dienstleistungen/Banken	<ul style="list-style-type: none"> - bspw. Floridas Tourismusindustrie ist stark von den Stränden abhängig, die vom MSA bedroht sind, Sandvorspülungen bei 50cm MSA 2100 würden 1,7 bis 8,8\$ Mia. kosten [IPCC, Ch. 14, S. 39] - Tourismus in Kanada könnte bei zunehmenden Temperaturen profitieren: Zunahme um 6-8% (2020), 9- 	<ul style="list-style-type: none"> - Verschiebung Tourismus

	Nordamerika	Synthese/Trends/Bandbreiten
	25% (2050) und 10-40% (2080) [IPCC, Ch. 14, S. 39]	
Versicherungswesen	<ul style="list-style-type: none"> - Schäden in der Infrastruktur durch häufigere Hurrikans - Bei permanentem El Nino Effekt kommt es zu häufigeren Überflutungen der Westküste [ARNELL, S. 14] 	<ul style="list-style-type: none"> - Versicherungsschäden und Prämien steigen, erhöhter Bedarf an Kapital mit Wirkungen auf BIP. - Evtl. Entwicklung von neuen Versicherungsmodellen oder höhere Versicherungspolicen.
Investitionsentscheidungen	<ul style="list-style-type: none"> - Kostenintensive Schutzbauten notwendig. Häufiger El Nino Effekt an der Pazifikküste zieht Küstenerosion an der Küste der USA und Kanada nach sich und damit Schäden in der Infrastruktur und Kapital [IPCC, Ch. 14, S. 32] - Schäden in der Infrastruktur durch Extremereignisse - Versicherte Schäden durch extreme US Hurrikane könnten zu einem Anstieg der Schäden um 41-62 Mia. US\$ führen (heutiges Schadensniveau: 60-85 Mia. US\$) → Anstieg um 70-75%. Die Schäden durch Hurrikane könnten somit den Schäden, die durch die Terrorangriffe auf das WTC und das Pentagon angerichtet wurden, entsprechen (ABI 2005, S. 24). - Kosten für protection costs (sea level rise): 1.6 Mia. US\$/Jahr bei einem Meeresspiegelanstieg von 1 m (Tol 2002a), - Grosse Investitionen aufzuwenden, um hohe Qualität der Infrastruktur aufrecht erhalten zu können [IPCC, Ch. 14, S. 24] - Bau von Staudammanlagen und Stauseen, neue Pläne zur Vermeidung von Überschwemmungen. 	<ul style="list-style-type: none"> - Es werden erhebliche Anpassungsmassnahmen notwendig, die produktive Investitionen verdrängen <p>→ Wachstum wird gebremst</p>
Technologien	<ul style="list-style-type: none"> - die Minderung von CO2 Emissionen in den nächsten 50 Jahren ist eine der wichtigsten technologischen Herausforderungen und erfordert neue Technologien [IPCC, Ch. 14, S. 5] - erneuerbare Energien spielen grosse Rolle [IPCC, Ch. 14, S. 5] - Frühwarnsysteme zur Verhinderung grösserer Schäden und zur Rettung von Menschenleben [IPCC, Ch. 14, S. 47] 	<ul style="list-style-type: none"> - evtl. Export von CO2-Minderungstechnologien nach USA. - Export von Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energien (Windkraft, Solar,...)
Verhaltensänderungen	<ul style="list-style-type: none"> - Ausbreitung malariaübertragender Mosquitos - Im Norden: weniger Energieverbrauch im Winter und Abnahme der kältebedingten Sterbefälle - Im Süden: Zunahme des Energieverbrauches im Sommer und Zunahme der hitzebedingten Sterbefälle - evtl. nordwärtsgerichtete Bevölkerungswanderung [STERN, S. 128] - Die Schäden werden dadurch erhöht, dass immer mehr Menschen in besonders vulnerable Zonen ziehen. In den USA ist die Bevölkerung, die direkt an der Küste lebt zwischen 1980 und 2003 um 33 Mio. Personen gestiegen und es wird prognostiziert, dass bis 2015 weitere 12 Mio. Menschen an die Küsten ziehen (ABI 2005, S. 27). - Bspw. Chicago soll um im Jahre 2090 ca. 25% häufiger Hitzewelle erleben als heute, Hitzetage in Los Angeles nehmen von auf 44-95 (2070-2099) zu plus Zunahme der CO2 Konzentration in der Luft [IPCC, Ch. 14, S. 34,35] 	

	Nordamerika	Synthese/Trends/Bandbreiten
Haupteinflusskanäle		
Handelsströme	<ul style="list-style-type: none"> - Landwirtschaftliche Produktion sinkt → Importe steigen, - Energiegewinnung sinkt → verstärkte Nutzung erneuerbarer Energien → Nachfrage nach EE-Technologien steigt. - Handelsgüter, die über den Wasserweg nach Nordamerika gelangen werden teurer. 	
Migration	<ul style="list-style-type: none"> - OECD-A: Emigranten durch einen Meeresspiegelanstieg von 1 m: 130.000 Menschen, Immigranten: keine (Tol 2002a). 	
Kapital- und Devisenmärkte	<ul style="list-style-type: none"> - im Osten kältebedingte Ausfälle im Transportwesen und Energienetz nehmen zu bei Abbruch der thermohalinen Zirkulation [ARNELL, S. 26] - seit 9/11 wird viel in die nationale Sicherheit investiert, d.h. die Flexibilität im Umgang mit dem Klimawandel ist beschränkt [IPCC, Ch. 14, S. 25] - Investitionen in Anpassungsmassnahmen werden produktive Investitionen verdrängen → Kaufkraft und BIP sinken. 	
Gesamtwirtschaftliche Entwicklung (BIP)	<ul style="list-style-type: none"> - Die für Nordamerika dokumentierten Effekte haben durchgängig einen negativen Einfluss auf BIP und Kaufkraft. Insbesondere die Zunahme von Extremereignissen führt zu hohen Kosten für Wirtschaft und Gesellschaft. <p>Aussagen zur Entwicklung des BIP in der Literatur:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bei 3°C T-Zunahme könnte der Klimawandel bis zu 1,2% des BIP kosten [STERN, S. 130] - 0,13%/a des BIP für Schäden durch Extremereignisse - Hurrikan Katrina kostete ca. 1,2% des USA BIP 2005 [STERN, S. 132] - Im optimistischen Szenario unter den Annahmen des „central“ und „low and wetter“ Szenarien könnten das BIP um 1% über dem Referenzfall liegen. Unter pessimistischen Annahmen könnte das BIP jedoch 2 bis 3% unter der Referenz liegen (Jorgensen 2004, S. 14). - Summe verschiedener Impacts aus WIAGEM für USA: Kosten des Klimawandels: bis 2030: 0.62% des BIP, Kosten bis 2050: 0.665% des BIP (Kemfert 2006) <p>→ Kosten des Klimawandels werden auf ca. 0.6% bis auf 2-3% des BIP in pessimistischen Szenarien geschätzt. Extremereignisse könnten zudem pro Jahr zu volkswirtschaftlichen Schäden in Höhe von 0,13-1,2% des BIP führen.</p>	

	Lateinamerika, inkl. Karibik (insbesondere Brasilien)	Synthese/Trends/Bandbreiten
Physische Aspekte	<ul style="list-style-type: none"> - Anstieg der Temperatur um 1 °C bis 6 °C - Abnahme der Niederschläge - Meeresspiegelanstieg - Verschiebung von Trocken- und Regenzeiten - vermehrt auftretende Extremereignisse mit Überschwemmungen - Bsp.: Amazonien. <p>2015-2025: T = 0,5-1,8 °C Anstieg, NS = -10% bis +6%. MSA = 7-9cm 2040-2060: T = 1-4 °C Anstieg, NS = -20 bis + 10%, MSA = 12-15cm 2070-2090: T = 1,6-7,5 °C Anstieg, NS = -40 bis + 10%, MSA = 22-37cm [STERN DRAFT, S. 2]</p> <ul style="list-style-type: none"> - die Gletscher der Anden schmelzen zwischen 2010 und 2050 [STERN DRAFT, S. 2] - T-Anstieg bis 2070-2099: zwischen 1-4 °C (B2) und 2-6 °C (A2) plus Zunahme von Extremereignissen und Veränderungen des Niederschlagsverhaltens [IPCC, Ch. 13, S. 23] 	<ul style="list-style-type: none"> - Lateinamerika wird über alle Einflusskanäle des Klimawandels beeinflusst. - Aufgrund des weniger fortgeschrittenen Entwicklungsstandes werden einige lateinamerikanische Länder stark durch Extremereignisse beeinflusst.
Ressourcen („Humankapital“, Kapital und natürliche Ressourcen)	<ul style="list-style-type: none"> - Temperaturanstieg u. NS-Abnahme führen zum Absterben des Regenwaldes - Bevölkerungsverdoppelung bis 2015 [IPCC, Ch. 13, S. 24] - Klimawandel wird grossen Einfluss auf die wertvolle Biodiversität haben sowie auf Wasserressourcen und Küstenzone - Hoher Energiebedarf - Küstenregionen: Biodiversität, Fischerei, Tourismus und Infrastruktur) bedroht vom MSA und Überschwemmungen, Stürmen - Latin America: Ein Temperaturanstieg von 1 °C führt zu 200 zusätzlichen Sterbefälle (insb. Respiratory mortality) (Tol 2002a). - Vector borne disease in Latin and South America: Kosten in 2030: 0.037% des BIP; Kosten in 2050: 0.111% des BIP (Kempf 2006). Krankheiten: Hitzestress, Malaria, Dengue, Cholera und andere waterborne diseases; vermehrt auftretende Waldbrände verursachen Atemwegserkrankungen, Augenprobleme, Schäden und Todesfälle; wärmere Luft verstärkt Verbreitung allergener Pollen [IPCC, Ch. 13, S. 32] - Abschmelzen der Andengletscher -> Von Wasserknappheit betroffene Menschen 2025: 30 Mill. Menschen (A1 und B1), 46-90 Mill. Menschen (A2), 70 Mill. (B2); 2050: 100 Mill. (A1 und B1), 180 Mill. (A2), 120 Mill. (B2) [IPCC, Ch. 13, S. 30] 	<ul style="list-style-type: none"> - Absterben des Regenwaldes als eine der zentralen Ressourcen, - Wasserknappheit, - Humankapital: Zunahmen von (tropischen) Krankheiten;
Sektorale Änderungen: Landwirtschaft	<ul style="list-style-type: none"> - Landwirtschaft 2004: 6,7% vom BIP - Entwicklung der Landwirtschaft 2025: A2 = 3,1% vom BIP, B2 = 4,4% - Entwicklung der Landwirtschaft 2050: A2 = 3,4%, B2 = 2,9% [STERN DRAFT, S. 1] - Am meisten betroffen von T-Anstieg und Änderungen bei NS und abschmelzen der Andengletscher - LW = 8% des BIP, beschäftigt 30-40% der Menschen, grösster Exportfaktor für die meisten Länder -> häufig von Extremereignissen heimgesucht mit Folgen für die Nahrungsmittelsicherheit -> stark anfällig!!! Vor allem die armen Menschen betroffen! [STERN DRAFT, S. 3] - Die Verluste in LW (Produktivitätsabnahmen um -9% bei A2 + CO2 / 2050) und Energiebereich könnten 	<ul style="list-style-type: none"> - Aussagen zur Entwicklung in der Landwirtschaft unterscheiden sich stark und variieren je nach Region und nach Produkt.

	Lateinamerika, inkl. Karibik (insbesondere Brasilien)	Synthese/Trends/Bandbreiten
	<ul style="list-style-type: none"> bei 2°C 2060 1,3% des BIPs ausmachen grosse Verluste im Sektor Landwirtschaft (Maisproduktion 2055 um 14%) [STERN DRAFT, S. 2] - In manchen Regionen wird die Soja Produktion von der CO2 Anreicherung profitieren, +31 bis 40% im südl. Südamerika bis 2050; in anderen Ländern (Guayana, Belize, Venezuela) nimmt die Maisproduktion ab und gefährdet die Nahrungsmittelsicherheit - Latin America: Bei Temp.anstieg von 2.5°C: Landwirtschaftliche Produktion sinkt um -0.76% (ohne Anpassung) und steigt um 0.55% (mit Anpassung) (Tol 2002a). Dynamische Werte: je Temp.anstieg von 0.1 °C steigt die landwirtschaftliche Produktion um 0.221% (mit Anpassung) (Tol 2002b). - Forstwirtschaft in Latin America -10 Mio. US\$ je 1°C Temp-anstieg (Tol 2002a, 2002b). - Soja-Anbau wird in Südamerika zunehmen von 38Mha (2003/4) auf 59Mha (2019/20) → 57% der weltweiten Produktion, d.h. auch Verdrängung der natürlichen Ökosysteme bzw. Landschaftszonen wie den Chaco, die Cerrado, Regenwald [IPCC, Ch. 13, S. 23] - Aufgrund von Erwärmung könnten die Erträge (Weizen, Reis, Maiz, Soja) in Lateinamerika um bis zu 30% abnehmen bis 2080, d.h. regional bedingt. 30% Abnahme in Mexiko, jedoch 5% Zunahme in Argentinien [IPCC, Ch. 13, S. 26] - Abnahme der Kaffeeproduktion in Brasilien und Mexiko (bis zu 78%)! [IPCC, Ch. 13, S. 26] - Nahrungsmittelproduktion und -sicherheit hängt vom Grad der Degradation und Bodenerosion, Versalzung ab → bis 2050 wird Desertifikation und Versalzung 50% der landwirtschaftlichen Flächen in Lateinamerika und der Karibik betreffen [IPCC, Ch. 13, S. 26] 	
Sektorale Änderungen: Industrie + Energie	<ul style="list-style-type: none"> - Ausgaben für Energie in LA: Ausgaben für Heating sinken bei 1°C Temp.anstieg um 2.8 Mia. US\$, Ausgaben für Cooling steigen um 1.9 Mia. US\$ (gesamt positiver Effekt von 0.9 Mia. US\$) (Tol 2002a). 	
Sektorale Änderungen: Dienstleistungen/Banken	<ul style="list-style-type: none"> - In Küstenregionen wird Tourismus zurück gehen. 	<ul style="list-style-type: none"> - Der Tourismus als wichtiger Wirtschaftsfaktor wird an Bedeutung verlieren bzw. nicht so stark wachsen wie ohne den Klimawandel.
Versicherungswesen	<ul style="list-style-type: none"> - Infrastruktur von Extremereignissen: Wind, Regen und Abfluss betroffen und nach 2080 vom MSA in der Küstenzone [STERN DRAFT, S. 2] 	<ul style="list-style-type: none"> - bisher gibt es in Lateinamerika nur geringen Versicherungsschutz, der Markt ist noch nicht gut erschlossen → höhere Risiken aufgrund von Extremereignissen macht die Erschliessung dieses Marktes für Versicherungsgesellschaften unattraktiv.
Investitionsentscheidungen	<ul style="list-style-type: none"> - die meisten Kosten werden durch Schäden im Bereich Infrastruktur und Landwirtschaft, Gesundheitswesen verursacht - um 2060 muss mit Auswirkungen auf die Küstenstädte, Infrastruktur, Bevölkerung, Ökosystemen und Tourismus durch Sturmfluten, Meeresspiegelanstieg und Erwärmung v.a. entlang der Atlantikküste von Mittelamerika, Karibik, weniger in Südamerika gerechnet werden – es fehlen Aussagen zu kombinierten Aus- 	<ul style="list-style-type: none"> - Anpassungsmassnahmen erfordern Investitionen in Höhe von mehreren Mia. US\$. Alleine die Sicherung des Trinkwasserangebots wird sehr investitionsintensiv. - Für die Sicherung der Energieversorgung wer-

	Lateinamerika, inkl. Karibik (insbesondere Brasilien)	Synthese/Trends/Bandbreiten
	<ul style="list-style-type: none"> wirkungen [STERN DRAFT, S.3] - hohe Kosten für Schutzmassnahmen - Entwicklung der alternativen Energiequellen (Biomasse, Solar, <i>Nuklear (?)</i>) → <5% in 2004, >10% in 2050 und 20% in 2080 - Investitionen in Massnahmen zur Sicherung des Trinkwasserangebotes (16,5 Mia \$ 2000 – 2015) [STERN DRAFT, S. 5] - Kosten für protection costs (sea level rise): 2.0 Mia. US\$/Jahr bei einem Meeresspiegelanstieg von 1 m (Tol 2002a) 	den Investitionen in alternative Energiequellen notwendig → evtl. werden Technologien aus Europa importiert.
Technologien	<ul style="list-style-type: none"> - primäre Energiequellen: 54% fossilen Energieträgern, 22% Wasserkraft [STERN DRAFT, S. 4] - das Stromnetz hängt zu 57% von der Wasserkraft und damit von den Wasserressourcen ab [STERN DRAFT, S. 4] - Alternative Energiequellen sollten zunehmen → <5% in 2004, >10% in 2050 und 20% in 2080 (Investitionsentscheidung!) 	- Für die Sicherung der Energieversorgung werden Investitionen in alternative Energiequellen notwendig → evtl. werden Technologien aus Europa importiert.
Verhaltensänderungen	<ul style="list-style-type: none"> - Ausbreitung von Malaria und vermehrt auftretende Erkrankungen des Herz- und Kreislaufsystems - Versorgung mit Trinkwasser und Abwasserentsorgung führen zu Infektionskrankheiten, weitere Verbreitung und veränderte saisonale Übertragung gefährden die Gesundheit der Menschen sowie deren Abwehrfähigkeiten - Nahrungsmittelmangel - Zone des Denguefieber weitet sich in die südl. und höheren Lagen aus - Menschen mit problematischer Wasserversorgung: 2025: 36 Mill. (ohne Klimawandel), 106 Mill. (mit Klimawandel) → +68% - Durch das Abschmelzen der Andengletscher sind 2020: 37 Mill. Und 2050: 50 Mill. Menschen (v.a. in den Städten) von Wasserknappheit bedroht [STERN DRAFT, S. 2] - Water-stressed people (A2): Ohne Klimawandel: 2025: 56 Mill. / 2055: 186 Mill. / 2080: 311 Mill. In Mittelamerika, Karibik und Südamerika Mit Klimawandel: 2025: 46 bis 90 Mill. / 2055: 144 – 178 Mill. / 2080: keine Angaben [STERN DRAFT, S. 3] - Abnahme der Bevölkerungswachstumsrate: 1,5% in 2000 / 1,0-1,3% 2050 	
Haupteinflusskanäle		
Handelsströme	<ul style="list-style-type: none"> - Entwicklung des gesamten Handels mit landwirtschaftlichen Produkten unklar. - Produktion von Soya steigt → Exporte steigen, - Produktion von Kaffee sinkt → Exporte sinken, - Evtl. Importe von Energie-Technologien; 	
Migration	<ul style="list-style-type: none"> - Vermehrt auftretende Krankheiten, wie Malaria, Denguefieber - Umweltflüchtlinge/Heimatlose: 0,4 / 0,7 Mill. In 2080/2100, Landverlust: 30 bis 58 x 10³ km² [STERN DRAFT, S. 3] 	

	Lateinamerika, inkl. Karibik (insbesondere Brasilien)	Synthese/Trends/Bandbreiten
	<ul style="list-style-type: none"> - Latin America: Emigranten durch einen Meeresspiegelanstieg von 1 m: 710.000 Menschen, Immigranten: 640.000 (Tol 2002a). - MSA (worst case): 38-104 cm mit Folgen für tiefliegendes Land und die Bevölkerung, Mangroven, Salz-, Schrimps- und Fischproduktion; z.B. Kolumbien: 1m MSA überflutet 4900 km², in denen 1,4 Mill. Menschen leben [IPCC, Ch. 13, S. 30] 	
Kapital- und Devisenmärkte	<ul style="list-style-type: none"> - Anpassungsmassnahmen verdrängen private Investitionen → Kapitalerträge sinken → Zinsen sinken - Durch Zunahme von Extremereignissen wird Lateinamerika für ausländische Investoren weniger attraktiv. 	
Gesamtwirtschaftliche Entwicklung (BIP)	<ul style="list-style-type: none"> - Einige wichtige Ressourcen/wirtschaftsbereiche sind negativ betroffen (Regenwald, Kaffeeanbau,..) Insbesondere wenn der Klimawandel die landwirtschaftliche Produktion beeinträchtigt sind viele Menschen betroffen → BIP und Kaufkraft würden sinken, - Erschliessung von Lateinamerika als neuer Versicherungsmarkt wird unattraktiver → private Haushalte und kleine Unternehmen können sich nicht versichern → falls ein Extremereignis eintritt wird das wirtschaftliche Wachstum erheblich gebremst. <p>Ergebnisse zu Kosten des Klimawandels aus der Literatur:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kosten durch Schäden aufgrund T-Anstieg belaufen sich für 2050 auf 1,3% bis 7% des BIP (Mittelamerika und Karibik am meisten gefährdet) [STERN DRAFT, S. 2] - Kosten durch Schäden: 0,3 bis 1,0% (BIP 2050), 0,5 bis 2,0% (BIP 2080) [STERN DRAFT, S. 1] - Summe verschiedener Impacts aus WIAGEM für Latin and South America: Kosten des Klimawandels: bis 2030: 1.324% des BIP, Kosten bis 2050: 2.226% des BIP (Kemfert 2006) - BIP Wachstum von 0,3%/Jahr von 2001-2005 → BIP Wachstum wird steigen auf 2,6%/Jahr von 2006-2015 [IPCC, Ch. 13, S. 24] <p>→ insgesamt relativ hohe Verluste durch Klimawandel bis zu 7% des BIP</p>	

	Japan, Ostasien	Synthese/Trends/Bandbreiten
Physische Aspekte	<ul style="list-style-type: none"> - Meeresspiegelanstieg - Zunahme von Stürmen und Taifunen [STERN, S. 129] - Abnahme von Frosttagen [IPCC, Ch. 10, S. 21] - 1m MSA bedroht 2339 km² und 4,1 Mill. Menschen um Tokio [IPCC, Ch. 10, S. 31] 	<ul style="list-style-type: none"> - insbesondere Belastung durch Zunahme von Extremereignissen und Meeresspiegelanstieg;
Ressourcen („Humankapital“, Kapital und natürliche Ressourcen)	<ul style="list-style-type: none"> - OECD-P: Ein Temperaturanstieg von 1 °C verringert Sterbefälle um 8.600 Menschen (weniger Todesopfer durch wärmere Winter übersteigt zusätzliche Todesopfer durch heissere Sommer) (Tol 2002a). - Hitzestress, Herz- und Kreislaufkrankheiten nehmen zu, häufigere Fälle von Dengue, Cholera, Influenza etc. durch den Klimawandel - Höhere T fördert Wachstum von Phytoplankton und verursacht water-borne Infektionen und schlechte Wasserqualität - Klimawandel wird die Verbreitung von Epidemien wie die Vogelgrippe fördern (epidemiologische Instabilität) [IPCC, Ch. 10, S. 37] 	<ul style="list-style-type: none"> - Humankapital: weniger Sterbefälle durch wärmere Winter, aber zusätzliche Gefährdung durch Ausbreitung von Krankheiten (Netto-Effekt unklar);
Sektorale Änderungen: Landwirtschaft	<ul style="list-style-type: none"> - Fischerei vom Klimawandel bedroht, weil sich durch die Erwärmung die Nahrungskette im Ozean verändert sowie die Vorkommen etc. → Folgen für die verarbeitende Industrie [IPCC, Ch. 10, S. 34] 	<ul style="list-style-type: none"> - Erträge der Fischerei sinken;
Sektorale Änderungen: Industrie + Energie	<ul style="list-style-type: none"> - küstennahe Standorte mit Industriehäfen, Raffinerien etc. bedroht [STERN, S. 129] - 1 °C T-Anstieg im „cooling water“ bedeutet 0,2-0,4% Reduktion der Energieerzeugung in Wärmekraftanlagen und 1-2% Reduktion in Kernkraftwerken [IPCC, Ch. 10, S. 40] - Ausgaben für Energie in OECD-P: Ausgaben für Heating sinken bei 1 °C Temp.anstieg um 6,9 Mia. US\$, Ausgaben für Kälte und Klimatisierung steigen um 1 Mia. US\$ (gesamt positiver Effekt von 5,9 Mia. US\$) (Tol 2002a). 	<ul style="list-style-type: none"> - Industrie: küstennahe Standorte bedroht [hier check welche Standorte das wären und welche Industriezweige], - Energie: Rückgang der Nachfrage nach Energie aber auch Rückgang der Produktion;
Sektorale Änderungen: Dienstleistungen/Banken		
Versicherungswesen	<ul style="list-style-type: none"> - Schäden in der Infrastruktur durch häufigere Taifune 	<ul style="list-style-type: none"> - Versicherungsschäden und Prämien steigen, erhöhter Bedarf an Kapital mit Wirkungen auf BIP, - Evtl. Entwicklung von neuen Versicherungsmodellen oder höhere Versicherungspolicen;
Investitionsentscheidungen	<ul style="list-style-type: none"> - Kostenintensive Schutzbauten notwendig, Schäden in der Infrastruktur - Versicherte Schäden durch extreme Typhoons in Japan könnten um 10-14 Mia. US\$ ansteigen (heutiges Schadensniveau: 15-20 Mia. US\$). Dies entspricht einem Anstieg von 67-70% (ABI 2005, S. 24). - Kosten für protection costs (sea level rise) für OECD-P: 0.8 Mia. US\$/Jahr bei einem Meeresspiegelanstieg von 1 m (Tol 2002a) 	<ul style="list-style-type: none"> - Es werden erhebliche Anpassungsmassnahmen notwendig, die produktive Investitionen verdrängen <p>→ Wachstum wird gebremst</p>

	Japan, Ostasien	Synthese/Trends/Bandbreiten
Technologien	<ul style="list-style-type: none"> - höhere NS bringen Probleme im Abwassersystem der Städte mit sich [ARNELL, S. 26] 	<ul style="list-style-type: none"> - Nachfrage nach innovativen Technologien zum Abwassermanagement, - Nachfrage nach innovativen Technologien in Bezug auf Anpassung an den Klimawandel zum Schatz der küstennahen Industriestandorte, → diese Technologien können z.B. in Japan selbst entwickelt werden oder aus anderen Hoch-Technologiestandorten
Verhaltensänderungen	<ul style="list-style-type: none"> - Anbau von Reis und Fischfang schwieriger (Kultur) [STERN, S. 129] - Bei einem Anstieg der durchschnittl. Sommertemperatur um 1 °C (Juni-August), steigt der Konsum von „summer products“ (Klimaanlagen, Bier, Soft Drinks, Sommerkleidung) um 5% (vgl. Harasawa 2006, S. 248). IPCC, Ch. 10, S. 40). - 1m MSA bedroht 2339 km² und 4,1 Mill. Menschen um Tokio [IPCC, Ch. 10, S. 31] 	
Haupteinflusskanäle		
Handelsströme	Es werden küstennahe Industriestandorte gefährdet, es ist aber noch zu prüfen, in wie weit sich das auf die Handelsströme auswirkt;	
Migration	<ul style="list-style-type: none"> - OECD-P: Emigranten durch einen Meeresspiegelanstieg von 1 m: 40.000 Menschen, Immigranten: 180.000 (Tol 2002a), - Migration zwischen asiatischen Ländern sowie gen Westen nimmt zu, v.a. nach Klimakatastrophen und bei Hungersnot [IPCC; Ch. 10, S. 39]; 	
Kapital- und Devisenmärkte	<ul style="list-style-type: none"> - Investitionen in Anpassungsmassnahmen werden produktive Investitionen verdrängen → Kaufkraft und BIP sinken. - Evtl. führt eine Gefährdung der küstennahen Industriestandorte zu einer geringeren Produktion in diesen Bereichen → Kaufkraft und BIP sinken, 	
Gesamtwirtschaftliche Entwicklung (BIP)	<ul style="list-style-type: none"> - Insbesondere Japan wird durch den Meeresspiegelanstieg stark betroffen sein. Küstennahe Industriestandorte müssen ins Inland verlagert werden, einige Wirtschaftsbereiche werden ggf. auch in andere Länder verlagert, - Anpassungsmassnahmen, insbesondere der Schutz der Bevölkerung vor MSA und Taifunen verdrängen produktive Investitionen bzw. verringern die Kaufkraft der Bevölkerung, → insgesamt scheint der Klimawandel das Wachstum und die Kaufkraft in Japan negativ zu beeinflussen [hier ist aber eine vertiefte Recherche notwendig]. <p>Angaben zu Kosten des Klimawandels für Japan aus der Literatur: Summe verschiedener Impacts aus WIAGEM für Japan: Kosten des Klimawandels: bis 2030: 0.645% des BIP, Kosten bis 2050: 0.69% des BIP (Kemfert 2006)</p>	

	China	Synthese/Trends/Bandbreiten
Physische Aspekte	<ul style="list-style-type: none"> - Anstieg der Temperatur in Südostasien: 0,72-0,92°C in der Periode 2010-2039, 1,30-2,32°C in der Periode 2040-2069, 1,87-3,92°C in der Periode 2070-2099, (IPCC, Ch. 10, S. 20). - Veränderung der Niederschläge in Südostasien: -1 bis +1% in 2010-2039, -1 bis +4% in 2040-2069, 1-12% in 2070-2099 (IPCC, Ch.10, S. 20). - Temperaturanstieg 2,2-2,8°C, 20% NS-Zunahme über Zentralchina [IPCC, Ch. 10, S. 22] - Meeresspiegelanstieg - Vermehrt auftretende Überflutungen während der Regenzeiten weniger NS während der Trockenzeiten, Ausdehnung arider Gebiete [STERN, S. 106] - Veränderte/vermehrte Schmelze der Gletscher verursacht Hochwasser während der Regenzeit, gleichzeitig fehlt die Versorgung aus diesem Wasserspeicher dann während der Trockenzeit → in China sind 250 Mill. Menschen betroffen [STERN, S. 63] - Hitzewellen (besonders in den Grossstädten) [STERN, S. 104] - Veränderte Monsuntätigkeit [STERN, S. 104] - verändertes Abflussverhalten weil Schnee als Regen fällt und gleich abfließt (keine Speicherung) → Somit ist eine Anpassung an die veränderten Gegebenheiten kaum möglich, weil es nicht um die (Aus-) Nutzung der Ressource geht, sondern um deren Verfügbarkeit. - Wasserknappheit, Erosion & Desertifikation, Luftverschmutzung/Emission: besonders gefährdet sind LW, Infrastruktur, Ökosysteme und Küste [LIN, S. 2] - Abnahme von Frosttagen [IPCC, Ch. 10, S. 21] 	<ul style="list-style-type: none"> - Erhebliche physische impacts über alle Einflusskanäle → China ist besonders anfällig für Auswirkungen des Klimawandels
Ressourcen („Humankapital“, Kapital und natürliche Ressourcen)	<ul style="list-style-type: none"> - Schmelzende Gletscher in Tibet, Abnahme der Wasserressourcen, Wasserknappheit → bei T-Anstieg 3-5°C bis 2080 kann es zu einem Wasserdefizit von 1% (N) bis 4% (NW) kommen, andere Regionen sind eher ausgeglichen [LIN, S. 8] - Bevölkerungswachstum - Centrally planned Asia: Ein Temperaturanstieg von 1°C verringert Sterbefälle um 16.000 Menschen (weniger Todesopfer durch wärme Winter übersteigt zusätzliche Todesopfer durch heissere Sommer) (Tol 2002a). - Ausbreitung von Malaria und vermehrt auftretende Erkrankungen des Herz- und Kreislaufsystems [TYNDALL, S. 78] - Häufigere Überschwemmungen im Süden fördern die Ausbreitung von Cholera und Brechdurchfall. - Vector borne disease in China:: Kosten in 2030: 0.185% des BIP; Kosten in 2050: 0.246% des BIP (Kempf 2006). 	<ul style="list-style-type: none"> - Wasserknappheit → schlechtere Wasserversorgung → weniger Energiegewinnung durch Wasserkraft möglich - Humankapital negativ durch Klimawandel beeinflusst.
Sektorale Änderungen: Landwirtschaft	<ul style="list-style-type: none"> - Reis- und Weizenertrag könnte mit T-Anstieg zunehmen, abhängig von Wasserzufuhr und Nährstoffen, bis zu 17% bei T-Anstieg 2-3°C (2050) - Ändernde hydrologische Verhältnisse und zusätzlicher Wasserbedarf führen zu höheren Bewässerungskosten und Produktionseinbussen schon bei T-Zunahme 1-2°C (2020) [LIN, S. 9] - Höheres Risiko von Ernteverlusten durch Extremereignisse, bes. bei T-Anstieg um 3-5°C (2080) [LIN, S. 9] 	<ul style="list-style-type: none"> - Bei der Landwirtschaft in China führt der Klimawandel zu positiven Effekten - Ertragszunahme durch Temperaturanstieg jedoch stark abhängig von den Wasserressourcen (→ zusätzliche Kosten oder Umstellung auf

	China	Synthese/Trends/Bandbreiten
	<ul style="list-style-type: none"> - Centrally planned Asia: Bei Temp.anstieg von 2.5°C: Landwirtschaftliche Produktion steigt um 1.73% (ohne Anpassung) und um 3.1% (mit Anpassung) (Tol 2002a). Dynamische Werte: je Temp.anstieg von 0.1 °C steigt die landwirtschaftliche Produktion um 1.239% (mit Anpassung) (Tol 2002b). - Forstwirtschaft in Centrally planned Asia: keine Auswirkungen (Tol 2002a, 2002b). - Bis 2050 könnte die „bewässerte“ Weizenproduktion in China um 4-7% zurückgehen, bei 1 °C T-Zunahme würde der Bedarf an Bewässerung um 10% steigen (Ostasien) [IPCC, Ch. 10, 25] 	andere Sorten)
Sektorale Änderungen: Industrie + Energie	<ul style="list-style-type: none"> - Überflutungen der Küsten und dem dahinter niedrig liegendem Land werden häufiger (Agglomerationen und Ölförderung) - Wasserknappheit bringt Probleme bei der Betreibung von Wasserkraftwerken und Staudämmen mit sich, welche zur Bewässerung und Wasserversorgung dienen [IPCC, Ch. 10, S. 22] - Ausgaben für Energie in CPA: Ausgaben für Heating sinken bei 1 °C Temp.anstieg um 17.1 Mia. US\$, Ausgaben für Kälte und Klimatisierung steigen um 12.4 Mia. US\$ (gesamt positiver Effekt von 4.7 Mia. US\$) (Tol 2002a). 	
Sektorale Änderungen: Dienstleistungen/Banken		
Versicherungswesen	<ul style="list-style-type: none"> - Überschwemmungsrisiko steigt - Überflutungen der Küsten werden häufiger (Agglomerationen) - 	<ul style="list-style-type: none"> - bisher gibt es in China nur geringen Versicherungsschutz, der Markt ist noch nicht gut erschlossen → höhere Risiken aufgrund von Extremereignissen macht die Erschliessung dieses Marktes für Versicherungsgesellschaften unattraktiv, - bereits versicherte Industriestandorte müssen höhere Prämien zahlen;
Investitions- entscheidungen	<ul style="list-style-type: none"> - Kostenintensive Schutzbauten notwendig: bei T-Anstieg 2-3°C (2050) wird mit eines MSA um 30cm gerechnet, damit wären 23060 km² überflutunggefährdet; Kosten für Schutzbauten für die gesamte Küstenzone: 0,034 bis 0,04 % des BIP [LIN, S. 9] - Unausgeglichene Wasserversorgung zieht ökonomische Verluste nach sich, insbesondere in N und NW → mehr Investitionen in Wassertransfer und -schutz [LIN, S. 2, 8] - Kosten für protection costs (sea level rise): 1.8 Mia. US\$/Jahr bei einem Meeresspiegelanstieg von 1 m (Tol 2002a), → 0,08% des 2005 BIP (World Development Indicators) bei 1 m MSA → 0,026% bei MSA von 30 cm? 	
Technologien	<ul style="list-style-type: none"> - verändertes Abflussregime wirkt sich auf die Nutzung von Wasserkraft aus, meist negativ [ARNELL, S. 14] - höhere NS bringen Probleme im Abwassersystem der Städte mit sich [ARNELL, S. 26]. Hier sind technische Lösungen gefragt. - 	<ul style="list-style-type: none"> - Im Bereich der Wasserwirtschaft steigt die Nachfrage nach innovativen Energien, - Durch verringerte Nutzung der Wasserkraft müssen erneuerbare Energien verstärkt ausge-

	China	Synthese/Trends/Bandbreiten
		baut werden, → in beiden Bereichen ist ein Technologietransfer nach China möglich. Im Bereich der Erneuerbaren gibt es bereits Förderprogramme.
Verhaltensänderungen	<ul style="list-style-type: none"> - Ausbreitung von Malaria und vermehrt auftretende Erkrankungen des Herz- und Kreislaufsystems [TYN-DALL, S. 78] - Häufigere Überschwemmungen im Süden fördern die Ausbreitung von Cholera und Brechdurchfall - Einkommensunterschiede zwischen ländlicher und Stadtbevölkerung werden grösser [LIN, S. 13] 	-
Haupteinflusskanäle		
Handelsströme	<ul style="list-style-type: none"> - Produktion in der Landwirtschaft steigt, - Nachfrage nach innovativen Technologien im Bereich Wasserwirtschaft/Energieversorgung steigt, - Bei Gefährdung von küstennahen Industriestandorten evtl. veränderte Exportströme aus diesen Gebieten; 	
Migration	<ul style="list-style-type: none"> - bis zu 200 Mill. Umweltflüchtlinge (2050) global aufgrund von Überschwemmungen und Dürre [STERN, S. 77] - Millionen Menschen leben in überflutungsgefährdeten Küstenregionen [STERN, S. 77] - Unterschiedliche Verbreitung in Bevölkerung, Wirtschaft, Wasser führt zu Migration [LIN, S. 13] - Centrally Planned Asia: Emigranten durch einen Meeresspiegelanstieg von 1 m: 239.000 Menschen, Immigranten: 215.000 (Tol 2002a). <p>→ Migration v.a. aus küstennahen, überflutungsgefährdeten Regionen, Land-Stadt-Wanderung und Auswanderungen in westliche Länder</p>	
Kapital- und Devisenmärkte	<ul style="list-style-type: none"> - Anpassungsmassnahmen verdrängen private Investitionen → Kapitalerträge sinken → Zinsen sinken - Durch Zunahme von Extremereignissen wird China für ausländische Investoren weniger attraktiv. 	
Gesamtwirtschaftliche Entwicklung (BIP)	<ul style="list-style-type: none"> - Insbesondere die Gefährdung durch den Meeresspiegelanstieg, die Verknappung der Süsswasserressourcen und die Zunahme von Extremereignissen sowie die Auswirkungen des Klimawandels auf die Gesundheit der chinesischen Bevölkerung wirken sich negativ auf BIP und Kaufkraft aus, - Es werden verstärkt Anpassungsmassnahmen notwendig, die produktive Investitionen verdrängen und somit das Wachstum bremsen, - Der Anstieg der Produktion in der Landwirtschaft kann diesen Effekt wohl nicht vollständig kompensieren, - Erschliessung von China als neuer Versicherungsmarkt wird unattraktiver → private Haushalte und kleine Unternehmen können sich nicht versichern → falls ein Extremereignis eintritt wird das wirtschaftliche Wachstum erheblich gebremst. <p>Ergebnisse zu Auswirkungen des Klimawandels auf die chinesische VW aus der Literatur:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kosten durch Naturkatastrophen können bis zu 3-5% des BIP ausmachen und haben zugenommen [LIN, S. 14] - Häufigere Überschwemmungen im Süden, Dürre im Norden → zunehmende Kosten für Wasser und Schäden durch Extremereignisse [LIN, S. 13] - Trockenheit kostete 0,6% des BIPs im Jahr 2000 durch Verluste der LW - Überschwemmung 1998 machte 3-4% des BIPs aus [LIN, S. 14] - Summe verschiedener Impacts aus WIAGEM für China: Kosten des Klimawandels: bis 2030: 2.779% des BIP, Kosten bis 2050: 3.544% des BIP (Kemfert 2006) <p>→ Kosten des Klimawandels können mit 3-5% des BIP für die chinesische Volkswirtschaft erheblich sein</p>	

	Indien	Synthese/Trends/Bandbreiten
Physische Aspekte	<ul style="list-style-type: none"> - Temperaturanstieg Südasien: 0,54-1,18 °C in der Periode 2010-2039, 0,88-3,16 °C in 2040-2069, 1,56-5,44 °C in 2070-2099 (IPCC, Ch. 10, S. 20). - 3-5 °C (A2) bzw. 2,5-4 °C (B2), Nordindien wärmer [IPCC, Ch. 10, S. 20] - Temperaturzunahme zwischen 2,33 °C und 4,78 °C bei einer Verdopplung der CO₂ Konzentration [ROY, S. 5] - Allgemeiner Zunahme der Temperatur, mehr Niederschläge, da warme Luft mehr Wasser aufnehmen kann → Extreme Temperaturen und Extremniederschläge nehmen zu, v. a. im Süden und Südosten [ROY, S. 13] - Veränderung der Niederschläge: -3 bis +4% in 2010-2039, 0 bis +26% in 2040-2069, -16 bis +31% in 2070 bis 2099 (IPCC, Ch. 10, S. 20). - Veränderte/vermehrte Schmelze der Himalaja Gletscher betrifft grosse Teile Indiens/Südasiens und verursacht steigende Hochwasser während der Regenzeit im Monsun, gleichzeitig fehlt die Versorgung aus diesem Wasserspeicher dann während der Trockenzeit im Indus/Ganges Becken von Oktober– Juni [STERN, S. 63] - Unbeständige Monsuntätigkeit (-> ENSO) wird Folgen für Indien/Südasien und die Wirtschaft weltweit haben [CHALLINOR, S. 1] - Häufigeres Auftreten von Trockenheit und Überschwemmungen [ROY, S. 1] - bereits bei einer Zunahme von 2 °C treten Trockenheit, Überschwemmungen, Stürme und Zyklonen vermehrt auf - Meeresspiegelanstieg: etwas unter 1mm/Jahr; Häufigkeit von Sturmfluten nimmt zu (DEFRA und MOEF 2005) - 1m MSA bedeutet Überflutung von 5763km² [IPCC, Ch. 10, S. 31] 	<ul style="list-style-type: none"> - deutliche Erhöhung der Temperatur bis 2050, - grosse Bandbreiten bei Veränderung der Niederschläge, wahrscheinlich aber mehr Extremniederschläge, - veränderte Monsuntätigkeit würde Indien stark betreffen, - MSA als besondere Herausforderung;
Ressourcen („Humankapital“, Kapital und natürliche Ressourcen)	<ul style="list-style-type: none"> - Wasserknappheit → in den nächsten 50 Jahren kann es zu einer Abnahme des Abflusses aus dem Himalaja ausserhalb des Monsuns um über 30% kommen [CHALLINOR, S. 2] - Bevölkerungswachstum wird zusätzlichen gesellschaftlichen und ökologischen „Stress“ im Bezug auf Wasserressourcen, Gesundheit und Lebensmittelsicherheit verursachen [CHALLINOR, S. 1] - Mit zunehmender Temperatur steigt die Mortalitätsrate [STERN, S. 104] - Jährliche (Todes-)Opfer durch Überschwemmungen: 0,0015% der Menschen, 0,11% der Rinderzahl (grösster Wirtschaftszweig im ländlichen Indien), dies wird mit den Auswirkungen des Klimawandels ansteigen [ROY, S. 5] - Ausbreitung von Malaria und vermehrt auftretende Erkrankungen des Herz- und Kreislaufsystems [TYNDALL, S. 78] - Zunahme von hitze- bzw. kältebedingter Sterblichkeit, Ausbreitung von Malaria und anderen Krankheiten, welche über Mosquitos oder Zecken übertragen werden, Bakterien/Viren, gesundheitliche Folgen von Trockenheit und Überschwemmungen: Krankheiten aufgrund biologisch/chemisch kontaminiertem Wasser sowie die Folgen: Ausfälle wegen Krankheiten oder Notfällen 	<ul style="list-style-type: none"> - Wasserknappheit bei gleichzeitigem Anstieg der Bevölkerung, - Anstieg der Todesopfer durch Überschwemmungen und Ausbreitung von Krankheiten;

	Indien	Synthese/Trends/Bandbreiten
	<ul style="list-style-type: none"> - Mentaler Stress wegen Katastrophen und Schicksalsschlägen - Vector borne disease in Asia: Kosten in 2030: 0.19% des BIP; Kosten in 2050: 0.252% des BIP (Kemfert 2006).). Zunahme durch höhere Temperaturen und Luftfeuchtigkeit (DEFRA und MOEF 2005) - Verdoppelung (A2) bzw. 70% Steigerung der Nettoprimärproduktion indischer Wälder bzw. der Forstwirtschaft [ROY, S. 18]]; aber auch Absterben von Wäldern und Verlust an Biodiversität. DEFRA und MOEF 2005 rechnen langfristig mit negativen Auswirkungen 	
Sektorale Änderungen: Landwirtschaft	<ul style="list-style-type: none"> - Unter ändernden hydrologischen Verhältnissen können bis zu 70% (2100) Ernteeinbussen auftreten bedeuten bei einem Bevölkerungswachstum auf 1,5 Mia. Menschen bis 2030/2050 basierend auf dem A2 Szenario eine sehr grosse Herausforderung für die Ernährungssicherheit mit weltweiter Wirkung [STERN, S. 104] - Verlust von 5764 km² Land durch Erosion und Überflutung [ROY, S. 45] - Temperaturanstieg führt zu geringeren Erträgen bei Weizen und Reis. Regional unterschiedlich. Winterweizenenerträge reagieren sensitiv auf jedes Grad Erwärmung: In subtropischen Gebieten Abnahme um 1,5 bis 5,8%; in tropischen Gebieten noch höher (DEFRA und MOEF 2005) - das Nahrungsmittelangebot hängt stark von dem ab, was in den anderen asiatischen Länder passiert (Indiens Ertragsüberschüsse sinken rasch, gingen in den letzten Jahren nach Kambodscha, wo Dürre geherrscht hatte [IPCC, Ch. 10, S. 26] 	<ul style="list-style-type: none"> - Rückgang der landwirtschaftlichen Produktion, - Bisher landwirtschaftliche genutzte Fläche wäre von MSA betroffen (insbes. Deltaregionen).
Sektorale Änderungen: Industrie + Energie	<ul style="list-style-type: none"> - Schaden aus der Überschwemmungskatastrophe 1998 in BANGLADESCH: 2 – 2,8 Mia. US\$ → BIP Wachstum verringerte sich von 5,2% auf 4,6% um 0,6% (1998/99). Das Wachstum im Industriesektor nahm um 3,4% ab [ROY, S. 35] - Transport: Schäden an Infrastruktur und höhere Kosten für Instandhaltung und Unterbrechungen im Personenverkehr führen zu wirtschaftlichen Verlusten (DEFRA und MOEF 2005) - Klimawandel als Faktor, der (zusätzlich zu Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum) die Nachfrage nach Energie erhöht; 1,5% mehr Kapazität für Erzeugung von Elektrizität, v.a. für Kühlung von Gebäuden und Pumpen für Bewässerung 	<ul style="list-style-type: none"> - Industrie: Überschwemmungen/MSA wirken sich negativ auf industrielle Produktion aus, - Höhere Transportkosten erhöhen Güterpreise, - Energie: höhere Nachfrage nach Energie → zur Sicherstellung der Energieversorgung sind neue Technologien notwendig.
Sektorale Änderungen: Dienstleistungen/Banken	<ul style="list-style-type: none"> - Schäden im öffentlichen Notdienstsystem durch Zyklonen und Überschwemmungen - Tourismussektor wäre von der Stranderosion betroffen [ROY, S. 45] 	<ul style="list-style-type: none"> - Tourismus in Indien sinkt;
Versicherungswesen	<ul style="list-style-type: none"> - Überschwemmungsrisiko steigt - Überflutungen der Küsten werden häufiger (Agglomerationen) - Evtl. mehr Nachfrage nach Versicherungsprodukten bzw. veränderte Versicherungsprodukte, um Personen/Kommunen/Industrie besser gegen Schäden abzusichern - Besonders gefährdet vom MSA sind die Deltaregionen in Südasien → hohe Konzentration an LW/Landverlust und für die Nutzung durch LW [IPCC, Ch. 10, S. 26] 	<ul style="list-style-type: none"> - höhere Nachfrage nach Versicherungsleistungen, gleichzeitig höheres Risiko für Versicherungsgesellschaften durch Extremereignissen → Indien als neuer Versicherungsmarkt wird unattraktiver bzw. Versicherungen werden nur zu sehr hohen Prämien angeboten;

	Indien	Synthese/Trends/Bandbreiten
Investitions- entscheidungen	<ul style="list-style-type: none"> - Kostenintensive Schutzbauten notwendig - monsunbedingte Starkniederschläge verursachen gravierende Schäden in der indischen Infrastruktur (sehr anfällig) [STERN, S. 104 und ROY, S. 31] - Bei MSA 1m wären 4200 km Strassen zerstört [ROY, S. 45] - Kapazität von Abwassersystemen und –behandlungsanlagen muss möglicherweise ausgebaut werden (mehr Starkregenereignisse) (DEFRA und MOEF 2005) - Evtl. Investitionen in wassersparende Techniken, z.B. bei der Bewässerung (DEFRA und MOEF 2005) - Evtl. insgesamt mehr Bewässerung, da nicht bewässerte Landwirtschaft vom Klimawandel stärker betroffen ist (DEFRA und MOEF 2005) - Infrastruktur ist anfällig für Auswirkungen des Klimawandels -> finanzielles Risiko bei Investitionen höher; könnte zu Belastung der öffentlichen Haushalte und Dämpfung privater Investitionen führen - Evtl. Höhere Standards für Infrastrukturprojekte, um Anfälligkeit gegenüber Klimawandel zu verringern (DEFRA und MOEF 2005) 	<ul style="list-style-type: none"> - Es werden Anpassungsmassnahmen notwendig, die private Investitionen verdrängen, - Infrastruktur wird stark durch Klimawandel beschädigt, zusätzliche Kosten in diesem Bereich.
Technologien	<ul style="list-style-type: none"> - Technologien, die effizienteren Umgang mit Wasser ermöglichen. - Innovative Lösungen für Infrastrukturprojekte; - Technologien im Bereich Energieversorgung, auch erneuerbare Energien; 	<ul style="list-style-type: none"> - In unterschiedlichen Bereichen könnte ein Technologietransfer relevant werden.
Verhaltensänderungen	<ul style="list-style-type: none"> - Unterernährung und Hunger (Menschen wie Tiere) [ROY, S. 32] - Bevölkerungswachstum um 1,5 Mia. bis 2030, d.h. Steigerung der LW-Erträge um 5 t/a notwendig [CHAL-LINOR, S. 2] 	<ul style="list-style-type: none"> -
Haupteinflusskanäle		
Handelsströme	<ul style="list-style-type: none"> - Landwirtschaftliche Produktion sinkt und Bevölkerung steigt → verstärkter Import von landwirtschaftlichen Produkten und Grundnahrungsmitteln (analog China) , -> Frage woher, wenn unter Klimawandel nur Osteuropa und Kanada Überschüsse produzieren - Nachfrage nach innovativen Technologien steigt, - Über Verschlechterung der Infrastruktur werden Transportwege in Indien teurer. 	
Migration	<ul style="list-style-type: none"> - bis zu 200 Mill. Umweltflüchtlinge (2050) global aufgrund von Überschwemmungen und Dürre [STERN, S. 77] - Millionen Menschen leben in überflutungsgefährdeten Küstenregionen [STERN, S. 77]. Bei MSA von 1m wären knapp 7 Mio. Menschen betroffen. 	
Kapital- und Devisenmärkte	<ul style="list-style-type: none"> - Anpassungsmassnahmen verdrängen produktive Investitionen → Kapitalerträge sinken → Zinsen sinken - Durch Zunahme von Extremereignissen wird Indien für ausländische Investoren weniger attraktiv. 	

	Indien	Synthese/Trends/Bandbreiten
Gesamtwirtschaftliche Entwicklung (BIP)	<ul style="list-style-type: none"> - Indien ist über eine Vielzahl von Kanälen stark durch den Klimawandel betroffen. Knappheit an Nahrungsmitteln und Gefährdung durch Ausbreitung von Krankheiten kann erhebliche Kosten nach sich ziehen. - Die Entwicklung von industriellen Standorten wird gebremst, Indien wird aufgrund der Risiken für ausländische Investoren unattraktiver → BIP wächst langsamer als ohne Klimawandel, - Erschliessung von Indien als neuer Versicherungsmarkt wird unattraktiver → private Haushalte und kleine Unternehmen können sich nicht versichern → falls ein Extremereignis eintritt wird das wirtschaftliche Wachstum erheblich gebremst. <p>Ergebnisse aus der Literatur zu den Klimakosten in Indien:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Klimawandel könnte 9% bis 13% Verlust am BIP 2100 ausmachen (Indien und Südostasien) [STERN, S. 92] - Ökonomischer Verlust bei T-Anstieg 2-3,5°C könnte bei 9-25% liegen, 0,67% des BSP, 100cm MSA bedeuten 0,36% des BSP [ROY, S. 2] - Veränderte Monsuntätigkeit führte 2002 zu einem Regendefizit von 19% und zu Ertragsverlusten von 3% des BIPs - Verluste an Einnahmen bei 2-3,5°C T-Zunahme könnten zwischen 9% und 25% erreichen, d.h. bis zu 0,67% des BIP [ROY, S. 4] - 100 cm MSA könnten zu einem Verlust von 0,36% des BIP führen [ROY, S. 4] - Kosten Naturkatastrophen: 0,3% des BIP [ROY, S. 5] - Schaden aus der Überschwemmungskatastrophe 1998 in BANGLADESCH: 2 – 2,8 Mia. US\$ → BIP Wachstum verringerte sich von 5,2% auf 4,6% um 0,6% (1998/99) [ROY, S. 35] - Summe verschiedener Impacts aus WIAGEM für ASIA (inkl. Indien): Kosten des Klimawandels: bis 2030: 3.735% des BIP, Kosten bis 2050: 5.889% des BIP (Kempf 2002) <p>→ grosse Bandbreite an Ergebnissen, insgesamt aber sehr hohe Angaben zu Kosten. Im Hinblick auf die Aussagen aus dem Stern-Review scheinen die Ergebnisse von Kempf für 2050 den Trend richtig anzuzeigen.</p>	

	Asiatische Schwellenländer (z.B. Südkorea, Taiwan)	Synthese/Trends/Bandbreiten
Physische Aspekte	<ul style="list-style-type: none"> - Meeresspiegelanstieg - Klimaentwicklung ebenfalls stark von der ENSO abhängig, neigt zum El Nino Effekt → Folgen für die Häufigkeit von Dürren und Überschwemmungen im Sommer in grossen Teilen Ost-, Süd- und Südostasiens → intensivere Regenfälle - Abnahme von Frosttagen [IPCC, Ch. 10, S. 21] - Vermehrt auftretende Extremereignisse, wie Hitzewellen, starker Regen und Taifune [IPCC, Ch. 10, S. 22] - Grosses Problem in Asien: Wasserknappheit, verursacht durch höher T und weniger NS [IPCC, Ch. 10, S. 28] 	<ul style="list-style-type: none"> - Insbesondere durch Extremereignisse und MSA betroffen;
Ressourcen („Humankapital“, Kapital und natürliche Ressourcen)	<ul style="list-style-type: none"> - South and southeast Asia: Ein Temperaturanstieg von 1 °C führt zu 109.700 zusätzlichen Sterbefälle (insb. Respiratory mortality) (Tol 2002a). - Vector borne disease in Asia: Kosten in 2030: 0.19% des BIP; Kosten in 2050: 0.252% des BIP (Kemfert 2006). - regional bis zu 30 cm MSA kann bis zu 45m Landverlust durch Erosion bedeuten, zudem: Eindringen von Salzwasser in den Grundwasserkörper, Zerstörung von Gebäuden, Küstenrückgang kann 500-600m in 100 Jahren betragen = 4 bis 6m pro Jahr [IPCC, Ch. 10, S. 30] 	<ul style="list-style-type: none"> - Humankapital: erheblicher Anstieg von Todesfällen durch heisse Sommer , - Landverlust;
Sektorale Änderungen: Landwirtschaft	<ul style="list-style-type: none"> - South and Southeast Asia: Bei Temp.anstieg von 2.5°C: Landwirtschaftliche Produktion sinkt um -0.66% (ohne Anpassung) und steigt um 0.63% (mit Anpassung) (Tol 2002a). Dynamische Werte: je Temp.anstieg von 0.1 °C steigt die landwirtschaftliche Produktion um 0.253% (mit Anpassung) (Tol 2002b). - Forstwirtschaft in South and Southeast Asia: + 140 Mio. US\$ je 1°C Temp-anstieg (Tol 2002a, 2002b). - Veränderungen in der landwirtschaftlichen Produktion insbesondere: aufgrund des Feritlisationseffektes, hohe T und Wasserknappheit könnte die Reisproduktion in Asien um bis zu 3,8% bis 2100 abnehmen, Zunahme von 30% Ozon und 20% Abnahme der Feuchtigkeit führt zu einer Abnahme in der Getreide- und Futterproduktion um 26%, regional bedingte Zunahmen der Erträge um 20% in Ost- und Südostasiens, Abnahmen um bis zu 30% in Zentral- und Südasien → abhängig vom Effekt der CO2 Konzentration [IPCC, Ch. 10, S. 24, 25] - Nahrungsmittelsicherheit Asiens ist durch die Auswirkungen des Klimawandels, vor allem durch Extremereignisse gefährdet, v.a. der El Nino Effekt – davon ist vor allem die ländliche arme Bevölkerung betroffen, die urbane Bev. Bekommt dies durch höhere Preise zu spüren [IPCC, Ch. 10, S. 27] 	<ul style="list-style-type: none"> - tendenziell Rückgang der landwirtschaftlichen Produktion, - Nahrungsmittelsicherheit in ländlichen Gebieten gefährdet → Verstärkung des Effekts bei Humankapital;
Sektorale Änderungen: Industrie + Energie	<ul style="list-style-type: none"> - Ausgaben für Energie in SSA: Ausgaben für Heating sinken bei 1 °C Temp.anstieg um 3.9 Mia. US\$, Ausgaben für Kälte und Klimatisierung steigen um 4.1 Mia. US\$ (gesamt negativer Effekt von 0.2 Mia. US\$) (Tol 2002a) - Südasien soll bis Ende des 21. Jh. 1/5 der gesamten Energie (Welt) verbrauchen [IPCC, Ch. 10, S. 41] 	<ul style="list-style-type: none"> - Energie: Nachfrage nach Energie steigt stark an → hohe Nachfrage nach innovativen Energietechnologien;
Sektorale Änderungen: Dienstleistungen/Banken	<ul style="list-style-type: none"> - East and Southeast Asia: Absterben der Korallenriffe aufgrund Anstieg des Meeresspiegels, Anstieg der Wassertemperatur → Tourismus 	<ul style="list-style-type: none"> - Wird für Tourismus weniger attraktiv;

	Asiatische Schwellenländer (z.B. Südkorea, Taiwan)	Synthese/Trends/Bandbreiten
Versicherungswesen	<ul style="list-style-type: none"> - bis 2050 könnten die Schadensforderungen bzgl. Kosten durch den Klimawandel um jährlich 300 Mia.\$ erreichen, Zunahme von tropischen Taifunen und Überschwemmungen [IPCC, Ch. 10, S. 41] 	<ul style="list-style-type: none"> - Versicherungsschäden und Prämien steigen, erhöhter Bedarf an Kapital mit Wirkungen auf BIP. - Evtl. Entwicklung von neuen Versicherungsmodellen oder höhere Versicherungspolicen.
Investitions- entscheidungen	<ul style="list-style-type: none"> - Kosten für protection costs (sea level rise) in South and southeast Asia: 3.3 Mia. US\$/Jahr bei einem Meeresspiegelanstieg von 1 m (Tol 2002a), - In 2100 soll Asien der grösste Investment Markt im Energiesektor sein [IPCC, Ch. 10, S. 41] - 	<ul style="list-style-type: none"> - erhebliche Kosten für Anpassungsmassnahmen notwendig → Verdrängung von produktiven Investitionen → Wachstum wird gebremst, - im Energiesystem: Nachfrage nach Technologien zur Sicherung der Energieversorgung;
Technologien	<ul style="list-style-type: none"> - höhere NS bringen Probleme im Abwassersystem der Städte mit sich [ARNELL, S. 26] - Wissens- und Technologietransfer aus den Industrieländern zur Sicherung der nachhaltigen Energieversorgung bei weniger Emissionen [IPCC, Ch. 10, S. 24]. 	<ul style="list-style-type: none"> - Technologietransfer aus Industriestaaten;
Verhaltensänderungen		
Haupteinflusskanäle		
Handelsströme	<ul style="list-style-type: none"> - landwirtschaftliche Produktion sinkt → Importe steigen, - Nachfrage nach innovativen Technologien steigt. 	
Migration	<ul style="list-style-type: none"> - South and Southeast Asia: Emigranten durch einen Meeresspiegelanstieg von 1 m: 230.000 Menschen, Immigranten: 207.000 (Tol 2002a). 	
Kapital- und Devisenmärkte	<ul style="list-style-type: none"> - Anpassungsmassnahmen verdrängen produktive Investitionen → Kapitalerträge sinken → Zinsen sinken - Durch Zunahme von Extremereignissen wird Indien für ausländische Investoren weniger attraktiv. - Erhöhte Nachfrage nach Energie erfordert Investitionen in das Energiesystem. 	
Gesamtwirtschaftliche Entwicklung (BIP)	<ul style="list-style-type: none"> - Extremereignisse und MSA ziehen volkswirtschaftliche Kosten nach sich. Asiatische Schwellenländer könnten weniger attraktiv werden und einen Teil ihres hohen Wachstums einbüßen. - Anpassungsmassnahmen verdrängen produktive Investitionen und privaten Konsum → negative Auswirkungen auf BIP und Kaufkraft, Ergebnisse in der Literatur zu den Kosten des Klimawandels für asiatische Schwellenländer: - Summe verschiedener Impacts aus WIAGEM für ASIA: Kosten des Klimawandels: bis 2030: 3.735% des BIP, Kosten bis 2050: 5.889% des BIP (Kemfert 2006) 	

	Australien/Neuseeland	Synthese/Trends/Bandbreiten
Physische Aspekte	<ul style="list-style-type: none"> - vermehrt auftretende Taifuntätigkeit [STERN, S. 129] - Anstieg der Durchschnittstemperatur mit Abnahme der Niederschlagssumme - Unter allen Veränderungen und „Extremereignissen“ nimmt das Dürrierisiko für Australasien am stärksten zu! [ARNELL, S. 14] - Neigung zum „El Nino-like mean state“ und Zunahme von Extremereignissen, grosse Teile Australiens werden „trockener“ während des Jh. [IPCC, Ch. 11, S. 4] - Temperaturentwicklung Australien/Neuseeland: 2020: +0,4 bis +1,5°C, 2050: +0,9 bis +3,9°C, 2080: +1,1 bis +5,9°C je nach Sommer/Winter bzw. Trocken- und Regenzeit [IPCC, Ch. 11, S. 10] - Australien: T-Anstieg um 0,4 bis 2,0°C bis 2030 bzw. um 1 bis 6°C bis 2070 relativ zu 1990 nach den SRES Szenarien [IPCC, Ch. 11, S. 11] - Niederschlagsentwicklung Australien/Neuseeland: 2020: -18 bis +22%, 2050: -45 bis +38% (höchst mögliche Abnahme in der Trockenzeit, höchstmögliche Zunahme in der Regenzeit), 2080: -40 bis +28% - Zunahme der Westwinde über Neuseeland >10% bis 1080 [IPCC, Ch. 11, S. 10] - Verdoppelung der Tage mit >35°C bis 2030 und 20-80% Abnahme von Tagen unter 0°C - 20% mehr Dürren in 2030 bzw. 80% mehr Dürren in 2070 in Südwest-Australien [IPCC, Ch. 11, S. 11] - Meeresspiegelanstieg: 0,02-0,12m bis 2020; 0,04-0,36m bis 2050; 0,06-0,74m bis 2080 relativ zu 1990 [IPCC, Ch. 11, S. 12] 	<ul style="list-style-type: none"> - Stark durch Temperaturanstieg und Veränderung der Niederschläge betroffen, - Dürrierisiko nimmt zu;
Ressourcen („Humankapital“, Kapital und natürliche Ressourcen)	<ul style="list-style-type: none"> - Winterregenfälle nehmen um 15% ab bei 1-2°C Erwärmung [STERN, S. 124] - OECD-P: Ein Temperaturanstieg von 1°C verringert Sterbefälle um 8.600 Menschen (weniger Todesopfer durch wärme Winter übersteigt zusätzliche Todesopfer durch heissere Sommer) (Tol 2002a). - Wasserhaushalt ist bereits heute unausgeglichen und wird durch den Klimawandel weiter strapaziert mit Folgen für die Landwirtschaft, Wasserversorgung, Artenvielfalt [IPCC, Ch. 11, S. 4] - Abflusssummen nehmen ab: 2050 = 10-19% (B1) bzw. 14-25% (A1), 2100 = 16-30% (B1) bzw. 24-48% (A1) [IPCC, Ch. 11, S. 19] - Wassererwärmung fördert Wachstum toxischer Algen, mindert Wasserqualität und führt zu Fischsterben und Krankheiten, d.h. hier sind Managementstrategien notwendig, wie „flushing flows“ [IPCC, Ch. 11, S. 19] 	<ul style="list-style-type: none"> - Wasserknappheit, - Humankapital: kein grosser Effekt, da Bevölkerung bereits mit Wasserknappheit umzugehen weiss.
Sektorale Änderungen: Landwirtschaft	<ul style="list-style-type: none"> - T-Anstieg und häufigere Trockenheit schränken LW ein (z.B. in Australien) - OECD Pazifik: Bei Temp.anstieg von 2.5°C: Landwirtschaftliche Produktion sinkt um -0.15% (ohne Anpassung) und steigt um 0.8% (mit Anpassung) (Tol 2002a). Dynamische Werte: je Temp.anstieg von 0.1°C steigt die landwirtschaftliche Produktion um 0.321% (mit Anpassung) (Tol 2002b). - Forstwirtschaft in OECD-P: + 93 Mio. US\$ je 1°C Temp.anstieg (Tol 2002a, 2002b). - Erträge stark abhängig von Wasserversorgung → Drainage System [IPCC, Ch. 11, S. 15] 	<ul style="list-style-type: none"> - tendenziell sinkt die landwirtschaftliche Produktion, - auf jeden Fall: höhere Kosten für Bewässerung und Anstieg der Preise;
Sektorale Änderungen: Industrie + Energie	<ul style="list-style-type: none"> - Ausgaben für Energie in OECD-P: Ausgaben für Heating sinken bei 1°C Temp.anstieg um 6,9 Mia. US\$, Ausgaben für Kälte und Klimatisierung steigen um 1 Mia. US\$ (gesamt positiver Effekt von 5,9 Mia. US\$) (Tol 2002a). 	<ul style="list-style-type: none"> -

	Australien/Neuseeland	Synthese/Trends/Bandbreiten
	→ für Australien und Neuseeland aber wahrscheinlich umgekehrter Effekt, insbesondere wird mehr Energie für Klimaanlagen benötigt.	
Sektorale Änderungen: Dienstleistungen/Banken	- East and Southeast Asia: Absterben der Korallenriffe aufgrund Anstieg des Meeresspiegels, Anstieg der Wassertemperatur → Tourismus	- Weniger Tourismus z.B. am Great Barrier Reef,
Versicherungswesen	- Schäden durch Taifune - vermehrt auftretende Buschfeuer. Buschfeuer bedrohen Menschenleben, Vermögen, Wasserressourcen mit Schäden bis zu 261 Mill. US\$ für Canberra/Australien [IPCC, Ch. 11, S. 6] - Zunahme der „frequency of extreme fire danger days“: 10-40% bis 2020, 20-120% bis 2050, allg. Ausweitung der Waldbrandzeit in Neuseeland: startet früher im August und endet im Mai (normalerweise: Oktober bis April) [IPCC, Ch. 11, S. 11]	- Versicherungsschäden und Prämien steigen, erhöhter Bedarf an Kapital mit Wirkungen auf BIP. - Evtl. Entwicklung von neuen Versicherungsmodellen oder höhere Versicherungspolicen.
Investitionsentscheidungen	- Kosten für protection costs (sea level rise) in OECD-P: 0.8 Mia. US\$/Jahr bei einem Meeresspiegelanstieg von 1 m (Tol 2002a), - tropische Stürme, Zyklonen und MSA erhöhen Vulnerabilität der Küstenstandorte und verhindern Investitionen, Starkniederschläge verursachen Schäden durch Überschwemmungen [IPCC, Ch. 11, S. 5] - 80% der Bevölkerung leben im Küstenbereich (50km der Küstenlinie), was Investitionen in Infrastruktur und Schutzbauten notwendig macht, die wiederum durch die Auswirkungen des Klimawandels gefährdet sind (MSA, Stürme) → Risikomanagement muss her [IPCC, Ch. 11, S. 20] - Kosten für Infrastruktur (Häfen, Strassen, Flughäfen etc.) sollen für Australien bis 2100 um 31% steigen (A2) [IPCC, Ch. 11, S. 23]	- erhebliche Kosten für Anpassungsmassnahmen und Aufrechterhaltung der Infrastruktur → bremst wirtschaftliche Entwicklung
Technologien	- Energieverbrauch steigt um 2,1% pro Jahr im Durchschnitt bis 2020, d.h. insgesamt um 50%, zudem setzt die Technologie unbedingt auf die Reduzierung von Treibhausgasemission → erneuerbare Energien usw. [IPCC, Ch. 11, S. 12] - 60% der Energieproduktion Neuseelands durch Wasserkraft und 10% von anderen erneuerbaren Energiequellen [IPCC, Ch. 11, S. 12]	- Energieverbrauch steigt → erhöhter Bedarf an neuen Technologien zur Sicherung der Energieversorgung → evtl. Nachfrage nach Technologien für Nutzung Erneuerbarer Energien;
Verhaltensänderungen	- Bevölkerungswachstum bis 26,4 Mill. bis 2051 dann stabilisierend, Agglomeration vor allem in den grossen Küstenstädten (u.a. Sydney, Melbourne) [IPCC, Ch. 11, S. 12]	-
Haupteinflusskanäle		
Handelsströme	- landwirtschaftliche Produktion sinkt → Importe steigen. - Evtl. Nachfrage nach Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energien. [Angaben zur Baseline: 20-60% Zunahme bis 2010 an Ölimport, Gasexport verdoppelt bis 2010 [IPCC, Ch. 11, S. 12]]	

	Australien/Neuseeland	Synthese/Trends/Bandbreiten
Migration	<ul style="list-style-type: none"> - OECD-P: Emigranten durch einen Meeresspiegelanstieg von 1 m: 40.000 Menschen, Immigranten: 180.000 (Tol 2002a). 	-
Kapital- und Devisenmärkte	<ul style="list-style-type: none"> - erhöhter Bedarf an Kapital bei Versicherungsgesellschaften, - einzelne Extremereignisse haben in der Vergangenheit zu sehr hohen Kosten geführt → evtl. muss sich der Staat im Ausland verschulden. 	
Gesamtwirtschaftliche Entwicklung (BIP)	<ul style="list-style-type: none"> - Erhöhter Bedarf an Anpassungsmassnahmen und höhere Kosten für Infrastruktur bremsen die wirtschaftliche Entwicklung, - Extremereignisse können in einzelnen Jahren erhebliche Auswirkungen auf das Wirtschaftswachstum haben. - Die Kaufkraft sinkt, da private Haushalte und Industrie mehr Geld für Versicherungen ausgeben; <p>Ergebnisse in der Literatur für Australien:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dürre 2002 führte zu 30% Ernteverlust und 1,6% Einbussen im BIP [STERN, S. 129] - Tourismus Industrie (32 Mia. \$) in Gefahr (Great Barrier Reef) [STERN, S. 126] - Summe verschiedener Impacts aus WIAGEM für Kanada, Australien, Neuseeland: Kosten des Klimawandels: bis 2030: 0.698% des BIP, Kosten bis 2050: 0.756% des BIP (Kemfert 2006) - In Australien sind 87% der wirtschaftlichen Schäden bedingt durch Extremereignisse bzw. Auswirkungen des Wetters, jährlich 31 Mill. US\$ pro Jahr v.a. für Versicherungen - In Neuseeland verursachen nach den Erdbeben die höchsten Kosten Überflutungen: 7 Mill. US\$/Jahr und Stürme: 5 Mill. US\$/Jahr sowie Subtropische Zyklonen: < 1 Mill. US\$/Jahr - Die El Nino Dürre 2002/03 in Australien verursachte Kosten in Höhe von 1,6%BIP (7,6 Mia. US\$) und 70.000 Jobs - In Neuseeland kostete El Nino 97/98 und La Nina 98/99 800 Mill. US\$ im Bereich Landwirtschaft, regionale Wirtschaftszweige, Buschfeuer, Verluste bei Wasserkraftwerken etc. [IPCC, Ch. 11, S. 6] <p>→ für die durchschnittlichen Kosten des Klimawandels liegen kaum Aussagen vor, scheinen mit ca. 1% des BIP aber eher gemässigt zu sein. Extremereignisse führen in einzelnen Jahren zu erheblichen Kosten, die sich bei mehreren Ereignissen pro Jahr kumulieren können.</p>	

AFRIKA:

Grosse Teile Afrikas sind vom globalen Klimawandel bedroht und stehen dem ungeschützt gegenüber. Mit einer Temperaturzunahme von 3°C würden zusätzlich 250 bis 550 Mill. Menschen in Hunger leben (Afrika und Westasien). Die Gefährdung durch Malaria nimmt zu – 10 Mill. Menschen zusätzlich bis 2080. Wasserknappheit und Meeresspiegelanstieg betreffen Millionen Menschen und verursachen Schäden in Millionen Höhe. Zusätzlich 155 bis 600 Mill. Menschen wären bei einem Temperaturanstieg von 3°C von Wasserknappheit betroffen [STERN, S. 105f]

A4 HINTERGRUND ZU DEN BERÜCKSICHTIGTEN STUDIEN

Studie	Annahmen zu Klimaszenarien + weitere Kommentare zu den Studien
STERN, N. (Hrsg.) (2006): Stern Draft: Understanding the Potential Impact of Climate Change and Variability in Latin America and the Caribbean.	SRES: A2 und B2 (2025 und 2050)
STERN, N. (Hrsg.) (2006): Stern Review: The Economics of Climate Change. Part II – Impacts of Climate Change on Growth and Development.	
LIN, E. & J. ZOU (2006): Climate Change Impacts and its Economics in China. Stern Review Support.	IPCC SRES Szenarien A2 (medium-high emission) und B2 (medium low emission): 1-2°C (2020), 2-3°C (2050), 3-5°C (2080)
CHALLINOR, A., J. SLINGO, A. TURNER, T. WHEELER (2006): Indian Monsoon: Contribution to the Stern Review.	individuell
ROY, J. , A. GHOSH, G. BARUA (2006): The Economics of Climate Change – A Review of Studies in the Context of South Asia with a Special Focus on India.	3-5°C bis 2100 im Bezug auf das A2 Szenario 2,5-4°C bis 2100 im Bezug auf das B2 Szenario
ARNELL, N. W. (2006): Global impacts of abrupt climate change: an initial assessment	Drei Typen spontaner Klimaänderungen: <ol style="list-style-type: none"> 1. Zusammenbruch der thermohalinen Zirkulation (niedrige T in Europa und Teilen Nordamerikas, globale Veränderung der NS) 2. Beschleunigter Klimawandel (starke Veränderungen der T und der NS) 3. Veränderung des Regimes (permanenter EL NINO Effekt, permanent auftretender südlicher feuchter Asien Monsun oder südlicher trockener Asien Monsun) Klimamodell HadCM3 SRES A2 Szenario → die meisten Analysen/Aussagen sind qualitativ und spekulativ (basierend auf Interpretationen von Studien zu den Auswirkungen des Klimawandels) [ARNELL, S. 8]
TYNDALL CENTRE for Climate Change Research (2006): Understanding the Regional Impacts of Climate Change.	IPCC SRES Szenarien (A1, A2, B1, B2) bis 2100

Studie	Annahmen zu Klimaszenarien + weitere Kommentare zu den Studien
<p>Mitteilung der Europäischen Kommission „Begrenzung des globalen Klimawandels auf 2 Grad Celsius – der Weg in die Zukunft bis 2020 und darüber hinaus“</p> <p>insbesondere Impact Assessment (Hintergrund: Projekt PESETA)</p>	<p>In diesem Projekt werden 2 globale Emissionsszenarien berücksichtigt, die zu den A2 und B2 Szenarienfamilien gehören.</p>
<p>Jorgenson, D. W. (2004): US market consequences of global climate change</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Verwendung von eigenen Szenarien, die von den oftmals verwendeten IPCC-Szenarien abweichen. In allen Szenarien steigt die Temperatur in den USA stärker als die globale Durchschnittstemperatur. Pro ein Grad Anstieg der globalen Temperatur steigt die Temperatur in den USA um 1.3 °C und der Niederschlag um 1.6 °C (ausser bei den „dry“ and „wet“ scenario). • Berechnungen beruhen auch auf „climate response functions“ • Es werden jeweils optimistische und pessimistische Annahmen zugrunde gelegt. Unter den optimistischen Annahmen kippen die Auswirkungen erst ab einem bestimmten Ausmass des Klimawandels vom Positiven ins Negative.
<p>Association of British Insurers (2005): Financial Risk of Climate Change</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Die Angaben zu Schäden beziehen sich auf eine Verdopplung der CO₂-Konzentration • Es wird jeweils ein unterer Wert für einen Schaden mit 100 jähriger Eintrittswahrscheinlichkeit und ein oberer Wert für einen Schaden mit 200-jähriger Eintrittswahrscheinlichkeit angegeben.
<p>Tol, R. (2002a): Estimates of the damage costs of climate change – Part I Benchmark estimates</p> <p>Tol, R. (2002b): Estimates of the Damage costs of climate change – Part II: Dynamic estimates</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Die Berechnungen bei den „static estimates“ beziehen sich auf einen Temperaturanstieg von 1 °C (Landwirtschaft: +2.5 °C) • Die Berechnungen bei den „dynamic estimates“ beziehen sich nicht auf spezifische Szenarien sondern vielmehr auf dynamische Entwicklungen (Veränderungen werden z.B. pro 0.1 °C Temperaturanstieg angegeben). <p>Sensitivitätsanalysen werden nicht für die verschiedenen Weltregionen sondern nur jeweils für die globale Entwicklung durchgeführt.</p> <p>Die Studien von Tol (2002) beruhen auf physical impact studies aus den Jahren 1992 bis 1996. Seitdem sind die Erkenntnisse über die Zusammenhänge des Klimawandels weiter vorangeschritten, insbesondere zu den Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Teilsystemen, Extremereignissen usw. liegen neue Erkenntnisse vor (siehe insbesondere vorläufige Ergebnisse des 4. Assessment Bericht des IPCC). Neuere Ergebnisse aus der Gruppe Tol, Nordhaus, Fankhauser (alle arbeiten mit vergleichbarer Methodik) zeigen, dass auch deren Ergebnisse weniger optimistisch sind (siehe z.B. Studie von Nordhaus zu Aus-</p>

Studie	Annahmen zu Klimaszenarien + weitere Kommentare zu den Studien
	wirkungen von Hurrikanes in den USA).]
Harasawa, H. (2006): Key vulnerabilites and critical level of impacts in East and Southeast Asia, in Schellnhuber (2006): Avoiding Dangerous Climate Change.	<ul style="list-style-type: none"> • Aussagen basieren teilweise auf regional climate models, • Für einzelne Teilbereiche werden unterschiedliche Szenarien verwendet • Ergebnisse werden meist nur qualitativ dargestellt.
Kemfert (2002): An Integrated Assessment Model of Economy-Energy-Climate – The Model Wiagem, in: Integrated Assessment 2002 Vol, 3, No.4, S. 281-298.	<ul style="list-style-type: none"> • Das Modell beinhaltet ein eigenes Klimamodell • Temperaturanstieg zwischen 2030 1.0°C, 2050 1.44°. • Anstieg der Meeresspiegel: 7 cm in 2030 und 10 cm in 2050.
IPCC 2007: The Physical Science Basis of Climate Change. Working Group I Report, Fourth Assessment Report on Climate Change. International Panel on Climate Change. Cambridge University Press. Chapter 12: Europe	<ul style="list-style-type: none"> • Projektionen beziehen sich auf den Zeitraum 2070 – 2099 verglichen mit 1961-1990 • Synthese verschiedener wissenschaftlicher Arbeiten; unterschiedliche Szenarien und Modelle liegen zugrunde
IPCC WG II Fourth Assessment Report – Draft for Expert Review. Chapter 7 – Industry, Settlement and Society.	
IPCC WG II Fourth Assessment Report – Draft for Expert Review. Chapter 10: Asia	<p>5 A-O GCM: CCSR-NIES (Japan), CSIRO (Australien), ECHAM4 (Germany), HADCM3 (UK), NCAR-PCM (USA)</p> <p>SRES-Szenarien: höchstes (A1F1), niedrigstes (B1) 2020, 2050, 2080</p>
IPCC WG II Fourth Assessment Report – Draft for Expert Review. Chapter 11: Australia & New Zealand	7 GCMs und die wichtigsten SRES Szenarien
IPCC WG II Fourth Assessment Report – Draft for Expert Review. Chapter 13: Latin America	
IPCC WG II Fourth Assessment Report – Draft for Expert Review. Chapter 14: North America	<p>Basierend auf 1000 Jahre AOGCM Simulationen entweder mit dem CGCM2 oder dem HadCM3 Klimamodell</p> <p>2-3°C 2010-2039 Jahrestemperatur Nordamerika</p> <p>2-6°C 2040-2069 Wintertemperatur im Norden</p> <p>(doppelt so hoch wie im Sommer)</p>

Studie	Annahmen zu Klimaszenarien + weitere Kommentare zu den Studien
	2-5°C 2040-2069 Sommer- und Wintertemperatur der Subtropen
PIK & Ecologic 2007: Impacts of climate change on water resources – adaptation strategies for Europe. Projektbericht, Veröffentlichung geplant für Herbst 2007.	<ul style="list-style-type: none"> • Quantitative Angaben zu Physischen Aspekten bzw. Veränderungen bei Wasserressourcen basieren auf A2 SRES Szenario. •
EEA 2005: Vulnerability and adaptation to climate change in Europe. EEA Technical report 7/2005	<ul style="list-style-type: none"> • Metastudie – Auswertung verschiedener Publikationen
Lehner, B., Czisch, G. und Vassolo, S. 2005: The impact of global change on the hydropower potential of Europe: a model-based analysis. Energy Policy 33 (2005), 839-855	<ul style="list-style-type: none"> • verschiedene Szenarien, HadCM3 Modell
DEFRA und MOEF (Indian Ministry of Environment and Forests) 2005: Key sheets on impacts of climate change in India. http://www.defra.gov.uk/ENVIRONMENT/climatechange/internat/devcountry/india2.htm	<ul style="list-style-type: none"> • Hadley Centre Regional Models; Veränderung 2071-2100 gegenüber 1961-1990; Szenarien A2 und B2

A5 DAS MEHR-REGIONEN-INPUT-OUTPUT-MODELL MULTIREG

MULTIREG ist ein Mehr-Regionen-Input-Output-Modell, das an der ETH Zürich aufgebaut wurde und seither von Rütter + Partner weiterentwickelt wird. Es wurde ursprünglich entwickelt, um die Nettoenergiebilanz der Schweiz zu bestimmen, insbesondere den Energiebedarf, der mit der Herstellung von Importgütern im Ausland verbunden ist (Nathani, 2007).

Modelltechnisch gehört es zur Familie der statischen offenen Leontief-Mengenmodelle und erlaubt generell die Analyse von Wertschöpfungsketten über Ländergrenzen hinweg. Transaktionen innerhalb einer Volkswirtschaft werden mit typischen Input-Output-Tabellen (IOT) abgebildet, während der Warenhandel zwischen Ländern mit bilateralen Handelsmatrizen dargestellt wird. Zudem sind Daten zum sektoralen Energiebedarf und den CO₂-Emissionen in den einzelnen Ländern integriert.

MULTIREG deckt mit fünfunddreissig Ländern die wichtigsten Handelspartner der Schweiz ab. Die Datenbasis bilden die Länder-IO-Tabellen von Eurostat für die EU-Mitgliedsländer und die IO-Tabellen der OECD für die übrigen Länder, jeweils um das Jahr 2000. Die Schweiz wird durch die aktuelle IOT für das Jahr 2001 abgebildet, bei der zusätzlich die Güterströme nach inländischen und importierten Gütern unterschieden werden. Sektorale Energiedaten stammen aus nationalen NAMEA-Daten und Energiedaten der Internationalen Energieagentur. Das Basisjahr ist das Jahr 2000.

Die regionale und sektorale Disaggregation kann dem jeweiligen Untersuchungsgegenstand angepasst werden. Für die vorliegende Studie wurden diese Länder zu 12 Weltregionen und den Rest der Welt zusammengefasst (siehe Tabelle 10). Dabei wurden unvollständig abgedeckte Regionen durch die verfügbaren Länder abgebildet. Für die EU-Länder liegen die Daten maximal auf NACE 2-Steller-Ebene vor (59 Sektoren) und für die übrigen Länder für 48 Sektoren. Für die vorliegende Studie werden 41 Sektoren unterschieden, die für die Modellrechnungen zu 18 Sektoren zusammengefasst wurden (vgl. Tabelle 11).

	Weltregion	Land		Weltregion	Land
1	Schweiz	Schweiz (CH)	3	Osteuropa (EE)	Polen (PL)
2	Westeuropa	Norwegen (NO)			Tschechien (CZ)
		Schweden (SE)			Slowakei (SK)
		Finnland (FI)			Ungarn (HU)
		Dänemark (DK)	4	Russland	Russland (RU)
		Grossbritannien (GB)	5	Nordamerika	USA (US)
		Irland (IE)			Kanada (CA)
		Niederlande (NL)	6	Südamerika	Brasilien (BR)
		Belgien, Lux. (BE)			Argentinien (AR)
		Frankreich (FR)	7	China	China (CN)
		Deutschland (DE)	8	Indien	Indien (IN)
		Österreich (AT)	9	Japan / Ostasien	Japan (JP)
3	Südeuropa	Portugal (PT)			Südkorea (KR)
		Spanien (ES)			Taiwan (TW)
		Italien (IT)	10	Rest Asien	Indonesien (ID)
		Griechenland (GR)			Türkei (TR)
			11	Ozeanien	Australien (AU)
					Neuzeeland (NZ)
			12	Rest der Welt	Rest der Welt (RdW)

Tabelle 10 Länder und Weltregionen im Modell MULTIREG

NACE-Nr.	Sektorbezeichnung	Sektornummer in 18-Sekt.-Version	NACE-Nr.	Sektorbezeichnung	Sektornummer in 18-Sekt.-Version
01–05	Land-, Forstwirtschaft, Fischerei	1	41	Wasserversorgung	12
10–14	Bergbau, Gewinnung von Energieträgern	2	45	Baugewerbe	13
15–16	Nahrungsmittel, Getränke, Tabakverarbeitung	3	50–52	Kfz-Handel, Einzel- und Grosshandel	18
17–19	Textilien, Bekleidung, Lederwaren	10	55	Gastgewerbe	
20	Holz; Holzwaren (ohne Möbel)	10	60	Landverkehr, Transport in Rohrfernleitungen	14
21–22	Papier, Papierwaren, Druckereien, Verlage	10	61	Schiffsverkehr	14
23	Kokereien, Mineralölverarbeitung, Spalt- und Brutstoffe	4	62	Luftverkehr	14
24	Chemische Industrie	5	63	Hilfs- und Nebentätigkeiten für den Verkehr	14
25	Kunststoff-, Kautschukverarbeitung	10	64	Nachrichtenübermittlung	18
26	Nichtmetallische Mineralien	6	65–67	Kreditinstitute, Versicherungen, Kredit- und Versicherungshilfsgewerbe	15
27	Metallerzeugung	7	70	Immobilienvermietung	18
28	Metallverarbeitung	8	71	Vermietung beweglicher Sachen (ohne Personal)	18
29	Maschinenbau	8	72	Dienstleistungen der Datenverarbeitung	18
30	Büromaschinen, EDV-Geräte	8	73	Forschung und Entwicklung	16
31	Geräte der Elektrizitätserzeugung, -verteilung u.ä.	8	74	Unternehmensbezogene Dienstleistungen	18
32	Nachrtechn., Rundf.- und Fernsehgeräte, elektron. Bauelemente	8	75	Öffentliche Verwaltung, Verteidigung, Sozialversicherung	18
33	Medizin-, mess-, regelungstechn., optische Erzeugnisse; Uhren	10	80	Erziehung und Unterricht	18
34	Strassenfahrzeugbau	9	85	Gesundheits-, Veterinär- und Sozialwesen	17
35	Herstellung sonstiger Fahrzeuge (Wasser-, Schienen-, Luftfahrzeuge u.a.)	9	90–93	Übrige Dienstleistungen	18
36–37	Möbel, Schmuck, Musikin-		95	Dienstleistungen privater	

NACE-Nr.	Sektorbezeichnung	Sektornummer in 18-Sekt.-Version	NACE-Nr.	Sektorbezeichnung	Sektornummer in 18-Sekt.-Version
	strumente, Sportgeräte, Spielwaren u.ä., Sekundärrohstoffe	10		Haushalte	18
40	Elektrizitäts-, Fernwärme-, Gasversorgung	11			

Tabelle 11 Wirtschaftssektoren im Modell MULTIREG

Für die Modellrechnungen sind die Daten in einer Mehr-Regionen-IOT zusammengefasst (vgl. Figur 11 in Kapitel 4). Dazu wurden zunächst die einzelnen Länder-IOT in eine einheitliche Sektorgliederung (41 Sektoren) überführt. Für jedes Land ist je eine IOT mit inländischen und importierten Güterströmen vorhanden. Zudem wurde für jedes Land aus den bilateralen Handelsmatrizen der OECD-Datenbank STAN eine Länderanteilmatrix gebildet, die für jede Gütergruppe die Herkunft der importierten Waren nach Herkunftsländern enthält. Für Dienstleistungen ist eine Bestimmung der Herkunft nicht möglich. Mit der Information aus den Länderanteilmatrizen konnten die Warenimporte jedes Landes auf Herkunftsländer aufgeteilt werden. Dabei wurden die Importe von cif-Werten auf Herstellungspreise umgerechnet. Importe eines Landes, die ohne weitere Verarbeitung wieder exportiert werden (sogenannte Reexporte), wurden so umgebucht, dass die Transaktionen zwischen den eigentlichen Herkunfts- und Bestimmungsländern abgebildet werden, und das „Transitland“ nur noch mit seiner Vermittlungsleistung verzeichnet wird.

Die Basisdaten weisen an verschiedenen Stellen Inkonsistenzen auf. So sind in einigen IO-Tabellen Güteraufkommen und –verwendung nicht ausgeglichen. Auch können sich Import- und Exportdaten zwischen zwei Handelspartnern, die für eine Gütergruppe eigentlich übereinstimmen müssten, durchaus unterscheiden. Solche Inkonsistenzen konnten im Rahmen der vorliegenden Studie nicht bereinigt werden. Sie wurden als statistische Differenzen aufgefangen, so dass ihr Einfluss auf die Ergebnisse der Modellrechnungen jederzeit nachvollziehbar war.

A6 STRUKTUR IMPORTE SCHWEIZ

IMPORTE DER SCHWEIZ NACH GÜTERGRUPPEN UND HERKUNFTSLÄNDERN 2001															
	CH	WEUR	SEUR	OEUR	RU	NAM	SAM	CN	IN	OASI	RASI	OCE	RdW	Dienstl.	Total
NOGA	Mio. US-\$														
1 - 5	0	571	331	33	0	147	52	8	16	2	64	14	316	0	1'557
10 - 14	0	918	26	1	2	11	3	2	0	0	0	5	885	0	1'855
15 - 16	0	2'173	842	79	3	210	108	72	12	7	24	123	315	0	3'969
23	0	1'876	166	4	45	29	0	3	0	1	1	0	10	0	2'135
24	0	9'128	1'614	107	22	1'141	30	160	111	451	33	15	850	0	13'662
26	0	775	332	26	0	27	2	15	2	22	6	0	14	0	1'222
27	0	1'557	242	33	1'579	147	64	7	2	89	5	3	430	0	4'157
28 - 32	0	10'095	2'054	573	2	1'498	15	533	30	1'679	66	6	408	0	16'960
34 - 35	0	4'193	736	246	0	793	168	20	2	745	18	1	79	0	7'001
17-22, 25,	0	9'921	3'503	458	18	1'606	50	921	171	487	318	22	1'224	0	18'699
40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1'124	1'124
41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	55	55
60-63	0	639	210	0	20	63	6	23	4	38	6	2	0	3'246	4'257
65 - 67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4'380	4'380
73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	380	380
Rest	0	2'296	498	96	82	252	22	94	16	154	22	9	0	5'946	9'488
Total	0	44'142	10'555	1'656	1'774	5'926	520	1'858	367	3'675	563	202	4'532	15'131	90'901

Figur 41

IMPORTE DER SCHWEIZ NACH GÜTERGRUPPEN UND HERKUNFTSLÄNDERN 2001; RELATIV JE GÜTERGRUPPE

	CH	WEUR	SEUR	OEUR	RU	NAM	SAM	CN	IN	OASI	RASI	OCE	RdW	Dienstl.
	Mio. US-\$													
NOGA														
1 - 5	0.0%	36.7%	21.3%	2.1%	0.0%	9.5%	3.4%	0.5%	1.0%	0.1%	4.1%	0.9%	20.3%	0.0%
10 - 14	0.0%	49.5%	1.4%	0.1%	0.1%	0.6%	0.2%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	47.7%	0.0%
15 - 16	0.0%	54.8%	21.2%	2.0%	0.1%	5.3%	2.7%	1.8%	0.3%	0.2%	0.6%	3.1%	7.9%	0.0%
23	0.0%	87.9%	7.8%	0.2%	2.1%	1.4%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	0.0%
24	0.0%	66.8%	11.8%	0.8%	0.2%	8.4%	0.2%	1.2%	0.8%	3.3%	0.2%	0.1%	6.2%	0.0%
26	0.0%	63.4%	27.2%	2.1%	0.0%	2.2%	0.2%	1.2%	0.2%	1.8%	0.5%	0.0%	1.2%	0.0%
27	0.0%	37.4%	5.8%	0.8%	38.0%	3.5%	1.5%	0.2%	0.1%	2.1%	0.1%	0.1%	10.3%	0.0%
28 - 32	0.0%	59.5%	12.1%	3.4%	0.0%	8.8%	0.1%	3.1%	0.2%	9.9%	0.4%	0.0%	2.4%	0.0%
34 - 35	0.0%	59.9%	10.5%	3.5%	0.0%	11.3%	2.4%	0.3%	0.0%	10.6%	0.3%	0.0%	1.1%	0.0%
17-22, 25,	0.0%	53.1%	18.7%	2.5%	0.1%	8.6%	0.3%	4.9%	0.9%	2.6%	1.7%	0.1%	6.5%	0.0%
40	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
41	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
45	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
60-63	0.0%	15.0%	4.9%	0.0%	0.5%	1.5%	0.1%	0.6%	0.1%	0.9%	0.1%	0.0%	0.0%	76.2%
65 - 67	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
73														
85	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
Rest	0.0%	24.2%	5.3%	1.0%	0.9%	2.7%	0.2%	1.0%	0.2%	1.6%	0.2%	0.1%	0.0%	62.7%

Figur 42

Legende zu Sektoren:

› 1-5: Landwirtschaft, Forst, Fischerei	› 26: Glas und Keramik	› 17-22, 25, 33, 36, 37: Rest Industrie (Textil, Bekleidung, Leder, Holz, Gummi etc.)	› 60-36: Verkehr
› 10-14: Gewinnung Steine und Erden	› 27: Metallherzeugung	› 40: Energieversorgung	› 65-67: Banken, Versicherungen
› 15-16: Nahrungsmittel	› 28-32: Energieint. Industrie, Maschinenbau, IT, Geräte, Elektrizitätserzeugung	› 41: Wasserversorgung	› 73: Forschung und Entwicklung
› 23: Mineralölverarbeitung	› 34-35: Auto- und Fahrzeugbau	› 45: Bau	› 85: Gesundheit
› 24: Chemische Erzeugnisse			› Rest

LITERATUR

- Arnell, N.W., E. Tompkins, N. Adger, K. Delany 2005:** Vulnerability to abrupt climate change in Europe, Tyndall Centre for Climate Change Research.
- Association of British Insurers 2005:** Financial Risk of Climate Change
- Becket M. 2007:** Climate change can spark global conflict, statements in pointcarbon news, Mai 11 2007.
- Beniston, M., 2007:** Le problème climatique et l'équilibre des richesses. Editorial ProClim – flash No 38, Bern.
- Berg, M., E. Jochem, C. Ritz 2007:** Energie weise nutzen und wandeln – ein Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung in der Schweiz und für die Welt. Denkschrift Energie der akademien-schweiz (in Vorbereitung)
- BFE 2007:** Die Energieperspektiven 2035 – Band 1 -5, BFE, Bern
- Biermann, F. 2001:** Umweltflüchtlinge. Ursachen und Lösungsansätze, Aus Politik und Zeitgeschichte, B 12/2001, 24-30.
- Bosello, F., O. Kuik, R. Tol, P. Watkiss 2007:** Costs of Adaptation to climate change: a review of assessment studies with a focus on methodologies used (publication expected in spring 2007).
- Brázdil, R., C. Pfister, H. Wanner, H.von Storch and J. Luterbacher 2005:** Historical Climatology in Europe – The State Of The Art; [Climatic Change](#) Volume 70, Number 3, <http://www.springerlink.com/content/n045572u43265th2/>
- Deke, O., K.G. Hooss, C. Kasten, G. Klepper, K. Springer 2001:** Economic Impact of Climate Change Simulations with a Regionalized Climate-Economy Model, Kiel Working Paper No. 1065.
- Ecoplan/Sigmaplan 2007:** Auswirkungen der Klimaänderungen auf die Schweizerische Volkswirtschaft (nationale Einflüsse). Studie im Auftrag des Bundesamts für Umwelt und des Bundesamts für Energie. Bern
- Edenhofer, O., K. Lessmann, C. Kemfert, M. Grubb und J. Köhler 2006:** Induced Technological Change: Exploring its Implications for the Economics of Atmospheric Stabilization. The Energy Journal Special Issue, IAEE
- EFSOS 2005:** European Forest Sector Outlook Study 1960 – 2000 – 2020, Main Report, UNECE, FAO, Timber Branch, Geneva.
- Energy Information Administration (EIA) 2006: International Energy Outlook.**

- Europäische Kommission:** Begrenzung des globalen Klimawandels auf 2 Grad Celsius – der Weg in die Zukunft bis 2020 und darüber hinaus, Mitteilung
- Gilchrist, D.A., St. Louis, L.V. 2004:** An algorithm for the consistent inclusion of partial information in the revision of input-output tables. *Economic Systems Research*, No. 2, 2004, S. 149 – 156.
- Hsü, K.J. 2000:** Klima macht Geschichte, Menschheitsgeschichte als Abbild der Klimaentwicklung; Orell Füssli, Zürich
- Huq, S., Z. Karim, M. Asadzzaman and F. Mahtab 2002:** Vulnerability and Adaptation to Climate Change for Bangladesh. *Bangla Desh Center for Advanced Studies (BCAS)*, Kluwer Academic Publishers, New York
- IEA 2006:** *World Energy Outlook*, International Energy Agency, Paris
- Infras/Ecologic/Rütter+Partner AG 2007:** Auswirkungen der Klimaänderung auf die Schweizer Volkswirtschaft (internationale Einflüsse). Studie im Auftrag des Bundesamts für Umwelt. Zürich.
- International Institute for Sustainable Development (IISD) 2007:** *Climate Change and Foreign Policy: An Exploration of Options for greater Integration*. Study sponsored by the Ministry of Foreign Affairs Denmark. ISBN 978-1-895536-98-0. Winnipeg
- IPCC 2001:** *Climate Change 2001. The Scientific Basis, Summary for Policymakers, Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*,
- IPCC 2007a:** *Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Summary for Policymakers, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.
- IPCC 2007b:** *Climate Change 2007: Climate Change Impacts, Adaptation and Vulnerability, Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Confidential draft in preparation for Final Government Review and Summary for Policymakers*, www.ipcc.ch.
- IPCC 2007c:** *Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change, Summary for Policymakers Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.
- Jorgensen, D.W. 2004:** US market consequences of global climate change
- Kemfert, C. 2002:** An Integrated Assessment Model of Economy-Energy-Climate – The Model WIAGEM, in: *Integrated Assessment 2002*, Vol. 3, No. 4, S. 281-298.

- Kemfert, C. 2007:** Persönliche Kommunikation und Übermittlung von Daten zum Modell WI-AGEM.
- Kemfert, C. 2007a:** Cost of Action and Inaction – Integrated Assessment Model. DIW Präsentation an BAFU internen Workshop Bern vom 3. April 2007
- Lejour, A. 2003:** Quantifying four scenarios for Europe. CPB Document No. 38. Den Haag.
- Lomborg, B. 2006:** Stern Review. The dodgy number behind the latest warming scare, Wall Street Journal, Opinion Journal, Vol. 2,
<http://www.opinionjournal.com/extra?id=110009182>
- Nathani, C. 2007:** The net embodied energy balance for Switzerland – results of a multiregional input-output model. Paper submitted to the 16th International Input-Output Conference, 2 – 6 July 2007, Istanbul, Turkey.
- Nathani, C., M. Wickart, R. Oleschak, R. van Nieuwkoop 2006:** Estimation of a Swiss input-output table for 2001. CEPE Report No. 6, Centre for Energy Policy and Economics, ETH Zurich
- Nordhaus, W. 2006:** The Stern Review on the Economics of Climate Change,
<http://www.econ.yale.edu/~nordhaus/homepage/SternReviewD2.pdf>
- OcCC/ProClim- 2007:** Klimaänderung und die Schweiz 2050; Erwartete Auswirkungen auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft, OcCC/ProClim-, Bern
- OECD 2004:** The Benefits of Climate Change Policies, OECD.
- Schnellhuber, W.C. et al 2006:** Avoiding Dangerous Climate Change. Cambridge University Press.
- Smit, B., I. Burton, R.J.T. Klein, R. Street 1999:** The Science of Adaptation: a Framework for Assessment, in: Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 4, S. 199–213.
- Stern, N. 2006:** Stern Review on the Economics of Climate Change, Cabinet Office, HM Treasury, United Kingdom
- Tol, R.S.J. 2002a:** Estimates of the damage costs of climate change – Part I Benchmark estimates
- Tol, R.S.J. 2002b:** Estimates of the damage costs of climate change – Dynamic estimates
- Tol, R.S.J. 2005:** The marginal costs of carbon dioxide emissions: An assessment of the uncertainties, Energy Policy 33, 2064-2074
- Tol, R.S.J. 2006:** The Stern Review of the Economics of Climate Change: A Comment, im Internet unter: <http://sciencepolicy.colorado.edu/prometheus/archives/sternreview.doc>
- Tyndall Centre for Climate Change Research 2006:** Understanding the regional Impacts of Climate Change

UNEP Finance Initiative Climate Change Working Group 2002: Climate Change and the Financial Services Industry, Module 1 – Threats and Opportunities.

Warren, R., N. Arnell, R. Nicholls, P. Levy, J. Price 2006: Understanding the Regional Impacts of Climate Change. Tyndall Centre for Climate Change Research.

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) 2006: Die Zukunft der Meere – zu warm, zu hoch, zu sauer, Sondergutachten, Berlin.

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) 2007: World in Transition, Climate Change as a Security Risk, Summary for Policymakers, Berlin

World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) 2005: Pathways to 2050: Energy and Climate Change, November 2005