

<b>1</b>	<b>Wirtschaft und Klima.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1</b>	<b><i>Klimawandel - Ein neues Risiko für die Versicherungswirtschaft?</i></b>	
	<b>Walter Jakobi; Gerling Konzern.....</b>	<b>1</b>
1.1.1	Einleitung.....	1
1.1.2	Folgen des Klimawandels.....	1
1.1.3	Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Versicherungswirtschaft .....	3
1.1.4	Strategien der Versicherungswirtschaft.....	14
<b>1.2</b>	<b><i>Climatic Change and its Consequences for Mountain Regions</i></b>	
	<b>Prof. Martin Beniston, Institute of Geography, University of Fribourg, Switzerland.....</b>	<b>21</b>
1.2.1	Introduction.....	21
1.2.2	Modeling of climatic change in the Alpine region.....	22
1.2.3	Impacts of climatic change in mountain regions.....	27
1.2.4	Impacts on water resources.....	28
1.2.5	Impacts on snow, glaciers, and permafrost.....	28
1.2.6	Impacts on forests and natural ecosystems.....	29
1.2.7	Impacts on mountain economies.....	30
1.2.8	Conclusions.....	31
1.2.9	References.....	32
<b>1.3</b>	<b><i>Klimaveränderung, Wintertourismus und Umwelt</i></b>	
	<b>Meinhard Breiling, Department for Landscape Planning, Alnarp University, Schweden.....</b>	<b>35</b>
1.3.1	Abstract.....	35
1.3.2	Einleitung.....	35
1.3.3	Die mögliche Klimaveränderung.....	36
1.3.4	Alpine Gebiete und mögliche Klimaveränderung.....	37
1.3.5	Klimaveränderung und Einnahmen im Wintertourismus.....	38
1.3.6	Kostenexplosion im Wintertourismus.....	41
1.3.7	Alpiner Naturschutz und Klimaveränderung.....	42
1.3.8	Klimaveränderung in österreichischen Bezirken und die Auswirkungen auf die Bevölkerung.....	43
1.3.9	Katastrophenzunahme durch Klimaveränderung.....	45
1.3.10	Mögliche Maßnahmen gegen eine Klimaveränderung.....	46
1.3.11	Schlußbemerkung.....	47
1.3.12	Zitierte und weiterführende Literatur.....	48

---



# 1 Wirtschaft und Klima

## 1.1 Klimawandel - Ein neues Risiko für die Versicherungswirtschaft?

*Walter Jakobi; Gerling Konzern*

### 1.1.1 Einleitung

Der Klimawandel ist ein vieldiskutiertes und komplexes Thema unserer Gesellschaft. Es löst Sorge und Angst, zugleich aber auch Gleichgültigkeit und Resignation aus. Gefahr droht vor allem durch steigende CO<sub>2</sub>-Werte aber auch durch die Schädigung der Ozonschicht. Der Ruf nach Gegenwehr kam zuallererst aus dem Lager der Umweltschützer, gefolgt von der Wissenschaft. Bezahlt haben das ganze die Rückversicherer, und die Regierungen tragen die Verantwortung. Aus diesem Grund sind diese vier Gruppen besonders engagiert in diesem Bereich.

Man kann davon ausgehen, daß die globale Erwärmung eine Tatsache darstellt.

Diese Tatsache wird untermauert durch:

- Zeitreihen
- Forschungsergebnisse, sowie den
- 2. IPPC Bericht, in dem mit einer für Wissenschaftler erstaunlichen Einigkeit auf diese Tatsache hingewiesen wird.

Während man also weitgehend zur Übereinstimmung gekommen ist, daß steigende Temperaturen und eine sich verändernde Ozonschicht Klimagürtel und Wettermuster verändern, stößt man bei der Prognose der Auswirkungen eines globalen Klimawandels auf Schwierigkeiten.

### 1.1.2 Folgen des Klimawandels

In Tabelle 1.1.1 werden vereinfacht die möglichen Auswirkungen des Treibhauseffektes dargestellt.

---

<b>Sehr vereinfacht: Der Treibhauseffekt führt zu</b>	
<b>größerer</b>	<b>mehr oder stärkeren</b>
● Gaskonzentration	● Stürmen oder Überschwemmungen
● Luft und Wassertemperatur	● Hagel, Schneedruck Lawinentätigkeit
● Luftfeuchtigkeit	● Frostperioden
● Atmosphärischer Zirkulation	● Trockenheit

Tabelle 1.1.1: Vereinfachte Darstellung der Auswirkungen des Treibhauseffektes

Wichtig in diesem Bereich ist die Klimafolgenforschung, also die Frage: „Was sind denn die Folgen eines sich verändernden Klimas?“.

Diese Frage ist sehr schwierig zu beantworten, da sie von einer Vielzahl von Faktoren (siehe Tabelle 1.1.2) beeinflusst wird, und daher die Notwendigkeit besteht sehr detaillierte Aussagen über die Entwicklung des Klimas in den einzelnen Regionen zu treffen.

Wenn man Aussagen über das zukünftige Wetter in Europa macht, können diese nie für alle Regionen Europas gleichermaßen gelten, da die Voraussetzungen sehr unterschiedlich sind, was die Aussagen über die Entwicklung regionaler Schadenspotentiale äußerst schwierig gestaltet.

---

**SCHADENSPOTENTIALE WERDEN AUCH VON  
ANDEREN FAKTOREN STARK BEEINFLUSST**

- von Bau- und Bebauungsvorschriften
- von der Wertekonzentration
- vom Wohlstand
- vom menschlichen Verhalten
- vom sozialen und politischen Klima

Tabelle 1.1.2: Einflußfaktoren

**1.1.3 Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Versicherungswirtschaft**

In Tabelle 1.1.3 werden die klimabedingten Schadensursachen aus der Sicht der Versicherer dargestellt.

**VERSICHERER SIND VIELFÄLTIG BETROFFEN****Klimabedingte Schadensursachen**

- Sturm
- Regen, Überschwemmung und Erdbeben
- Hagel, Schneedruck und Lawinen
- Frostperioden
- Trockenheit und Dürre

**Auch Österreich ist hiervon nicht verschont**

Tabelle 1.1.3: Klimabedingte Schadenspotentiale

In Tabelle 1.1.4 finden sie eine Aufzählung der betroffenen Versicherungssparten. Die stärksten Auswirkungen sind im Bereich der Gebäudeversicherung zu beobachten.

Von großer Bedeutung ist auch der landwirtschaftliche Bereich, und hier wiederum die klimabedingten Ernteausfälle.

Bei Unfall-, Lebens- und Krankenversicherung können sowohl durch plötzlich auftretende Ereignisse (Unfall, Tod, Krankheit und Arbeitsunfähigkeit) als auch durch langfristige Entwicklungen (beispielsweise Seuchen- und Sterblichkeitsentwicklung) klimainduzierte Schadensfälle auftreten.

---

**VERSICHERER SIND VIELFÄLTIG BETROFFEN...**

**Die betroffenen Sparten:**

- Sach (Feuer, Hausrat, Gebäude)
- Elementar
- Transport und Luftfahrt
- Landwirtschaftliche Versicherungen
- Unfall
- Leben
- Kranken

Tabelle 1.1.4: Betroffene Sparten

Tabelle 1.1.5 zeigt jene Regionen, die als besonders anfällig für klimainduzierte Schadensfälle betrachtet werden können.

<b>ZONEN, DIE VERSICHERERN BESONDERE SORGE BEREITEN</b>		
USA	Stürme; ÜS Kälte	Ost- und Golfküste, Norden
Europa	Stürme; ÜS Kälte	Großbritannien, Niederlande, Belgien Deutschland, Frankreich, Skandinavien
	Waldbrand	Frankreich, Südeuropa, Deutschland
	Sturmflut	Nordseeküsten, Häfen, große Flußmündungen
	Kälte, ÜS	Alpenländer
Asien	Sturm, ÜS	Japan, Südostasien, China, Indien
Australien/NZ	Sturm, ÜS Buschfeuer	

Tabelle 1.1.5: Besonders schadensanfällige Regionen

Die Kernfrage mit der sich Versicherer mehr und mehr befassen, ist jene nach der Funktionsfähigkeit des Schadensausgleichs.

Hierzu zwei Fakten:

- die Schadenshäufigkeit hat zugenommen;
- die Schadenshöhen erreichen ein nie geahntes Ausmaß.

Diese Tatsachen werden durch die folgenden Graphiken dokumentiert.

In Abbildung 1.1.1 ist die weltweite Schadenshäufigkeit über einen Zeitraum von 16 Jahren dargestellt. Die durchgehende Linie dokumentiert, daß in den frühen 80er Jahren etwa 50 Schadensfälle pro Jahr beobachtet werden konnten, in den späten 80er und frühen 90er Jahren stieg die Zahl auf durchschnittlich 100 Fälle pro Jahr, gegenwertig halten wir bei etwa 120 Schadensfällen pro Jahr.

Als Schadensfälle gelten Naturkatastrophen, die eine bestimmte Schadenshöhe übersteigen. Die Definition dieser Schadenshöhe wird jährlich um die Inflation bereinigt, dies entkräftigt das Argument, daß auf Grund von Inflation höhere Schadenssummen

auftreten. In diese Kategorie fallen auch Erdbeben, die als nicht klimainduzierte Schadensfälle gelten, dazu aber nachfolgend mehr.

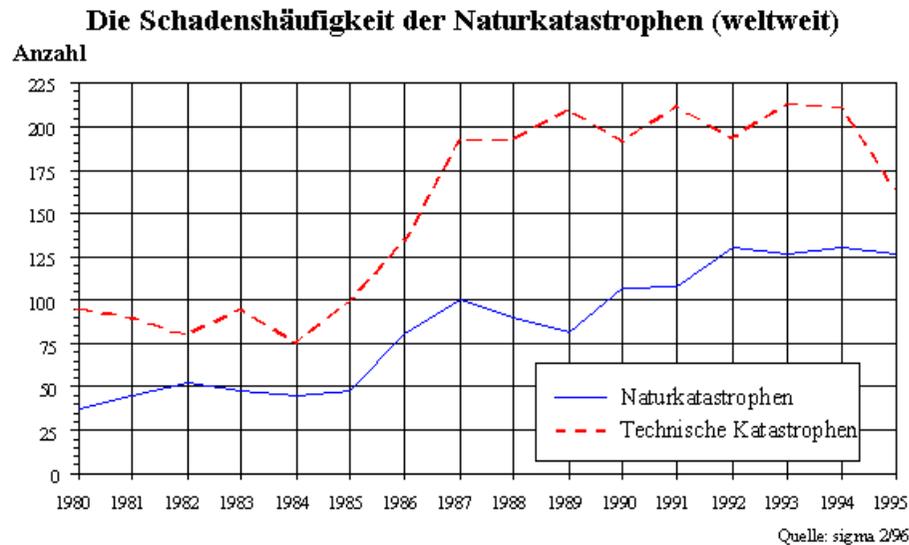


Abbildung 1.1.1: Schadenshäufigkeit der Naturkatastrophen

Um dies in Blockform klarzumachen werden in Abbildung 1.1.2 die drei jeweils größten Naturkatastrophen der letzten 7 Jahre aufgezeigt. Bei dieser Auswertung stellt sich heraus, daß vor allem Sturmereignisse eine bedeutende Rolle spielen, aber auch Überschwemmungen und Fröste. Trotz der Tatsache, daß auch Erdbeben enthalten sind ist der größte versicherte Schaden durch einen Hurrikan, nämlich Hurrikan Andrew mit ca. 16 Mrd. US\$ verursacht worden. Dies ist vor allem dadurch zu erklären, daß die Versicherungsdichte bei Erdbeben geringer ist als bei den anderen genannten Naturkatastrophen.

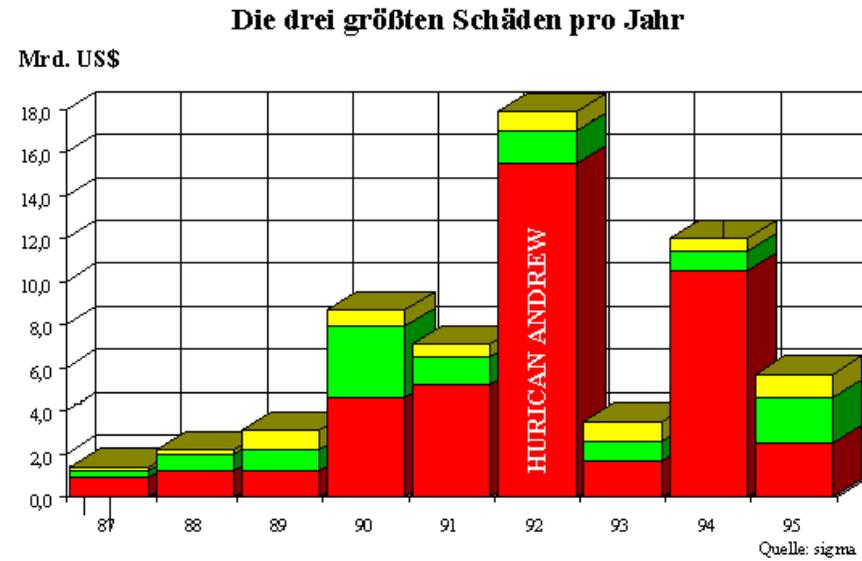


Abbildung 1.1.2: Darstellung der drei größten Schäden im Jahr

Abbildung 1.1.3 bestätigt den starken Anstieg von Schäden, die durch Naturkatastrophen hervorgerufen werden. Die durchgehende Linie zeigt den durch Naturkatastrophen verursachten Schaden an. Die strichlierte Linie zeigt die daraus errechnete exponentielle Trendanalyse. Diese Analyse hat mit Trendanalysen, die mit anderen Techniken durchgeführt wurden gemeinsam, daß sie eine steigende Tendenz aufweist.

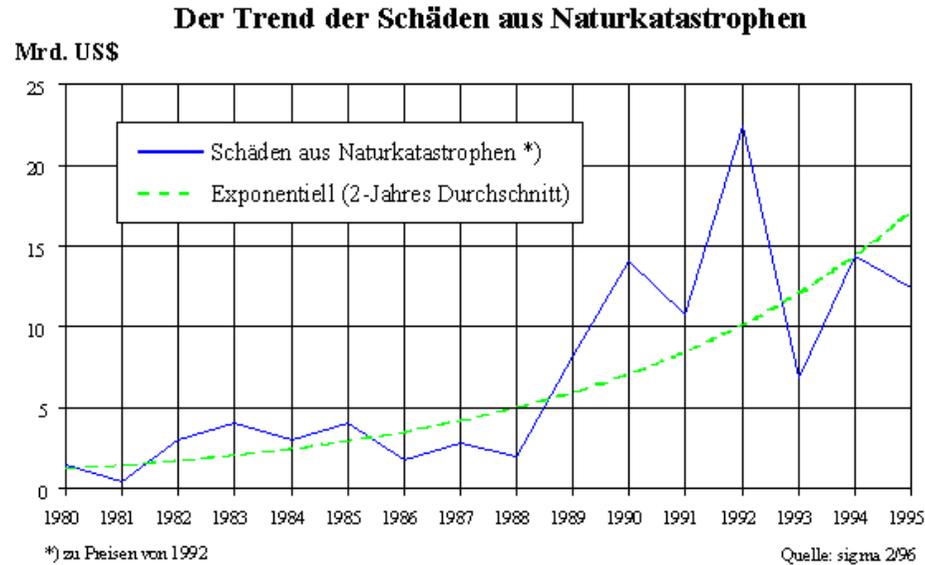


Abbildung 1.1.3: Trendanalyse der Schadensausmaße

Auch Forscher bestätigen diese Entwicklung. Wie bereits erwähnt war der bisher größte einzeln versicherte Schadensfall Hurrikan Andrew mit US\$ 16-17 Mrd. Heutige Szenarien rechnen mit möglichen Schadensfällen in der Größenordnung von US\$ 40-80 Mrd, die ein Sturm an der Ostküste der USA oder in Nordeuropa verursachen könnte.

Grundsätzlich könnte man davon ausgehen, daß Versicherungsunternehmen dieser Schadensentwicklung gelassen gegenüberstehen, da sie das erhöhte Schadensrisiko durch steigende Prämien an ihre Kunden weiter geben können.

Abbildung 1.1.4 gibt in diesem Zusammenhang interessante Aufschlüsse über die Situation von Versicherungsunternehmen. Hier wurden die Prämieinnahmen in Verhältnis gesetzt zu den Schadensfällen, daraus ergibt sich die sogenannte Schadensquote. In den siebziger Jahren zeigt sich eine sehr geringe Schadensquote von 0,5 %, diese steigt in den achtziger Jahren auf 0,9 %, und verdoppelt sich auf 1,8 % in den 90iger Jahren.

Dieser rasante Anstieg in den neunziger Jahren, ist auch für die Versicherungsindustrie nicht erklärbar. In den zur Berechnung der Schadensquote herangezogenen Prämieinnahmen sind die Prämien aus Haftpflicht und Motorhaftpflichtversicherungen enthalten. Diese stellen 50 - 60 % der gesamten Prämieinnahmen dar.

Weil aber Haftpflichtversicherungen keine Schäden aus Naturkatastrophen decken, errechnet sich nach Abzug der Prämieinnahmen eine Schadensquote von mindestens 3,6 %.

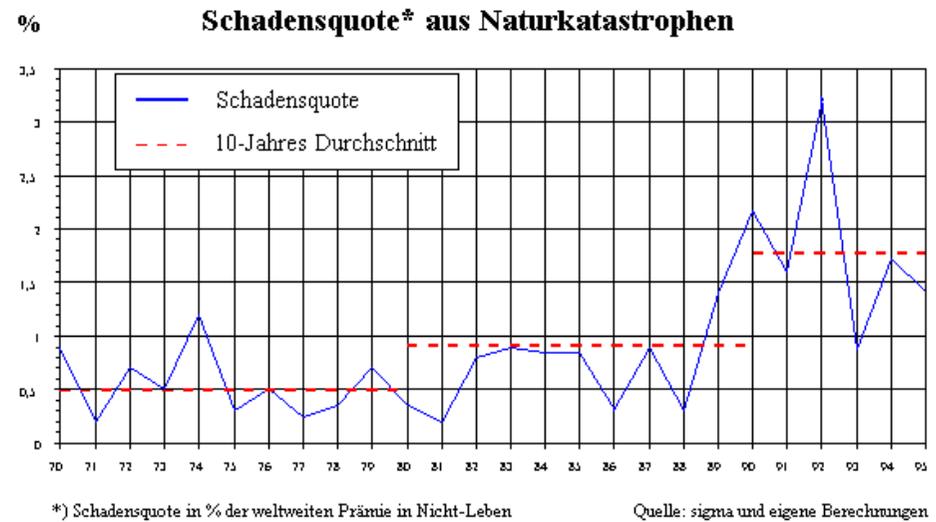


Abbildung 1.1.4: Schadensquote aus Naturkatastrophe

In Tabelle 1.1.6 werden die Überlegungen bezüglich des Schadensausgleichs nochmals zusammenfassend dargestellt.

**DER SCHADENSAUSGLEICH WIRD SCHWIERIGER**

- Die Phasen für eine Erholung werden kürzer
- Der internationale Ausgleich versagt vielfach
- Erstversicherer spüren dies
  - über höhere Rückversicherungskosten
  - über zeitweise knappe Kapazität
- Regionale Schäden (z. B. Hagel, Überschwemmungen) haben mittlerweile große Wucht

Tabelle 1.1.6: Schadensausgleich

Die Zunahme regionaler Schäden, von denen international meist kaum Notiz genommen wird, soll durch die Darstellung der Sturmschäden aus Sach- und KFZ-Kasko Policen in Deutschland dokumentiert werden.

Abbildung 1.1.5 zeigt, daß im Jahre 1990 durch die schweren Stürme und Überschwemmungen im Jänner und Februar Schäden in der Höhe von ungefähr DM 4,2 Mrd. entstanden sind. Nach einem Rückgang 1991 kann man 1992 wiederum einen starken Anstieg beobachten, der sich 1993 fortsetzt. Auch die Zahlen für 1994 und 1995, die noch nicht amtlich verfügbar sind, deuten auf eine Fortsetzung dieses Trends hin.

Durch genauere Analysen kann ausgeschlossen werden, daß der Anstieg auf die Wiedervereinigung Deutschlands zurückzuführen ist.

**Sturmschäden aus Sach- und Kfz-Kasko-Policen in Deutschland**

Mio. DM

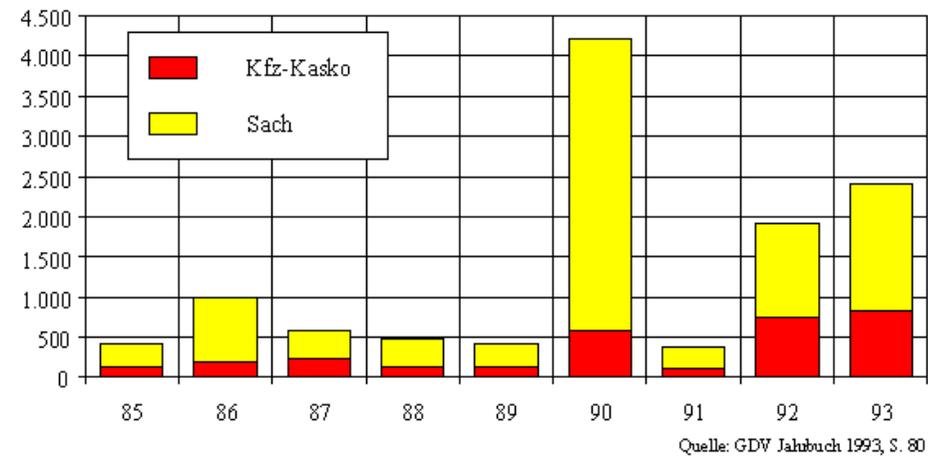


Abbildung 1.1.5: Sturmschäden in Deutschland

In Tabelle 1.1.7 wird folgendes Fazit gezogen:

### EIN WICHTIGES FAZIT

- Wetterbedingte Schäden machen etwa 70 % aller Naturkatastrophen aus: Eine Folge der hohen Versicherungsdichte in den (bisher) betroffenen Regionen
- Der Klimawandel ist so gesehen ein **neues Risiko** für die Versicherungswirtschaft

Tabelle 1.1.7: Fazit

Um die Auswirkungen des Klimawandels genauer bestimmen zu können ist es notwendig die Einflußfaktoren auf Katastrophenschäden zu erkennen.

Die Graphik in Abbildung 1.1.6 stellt diese Bestimmungsgrößen dar. Hierzu gehören die Naturgefahr, die in den einzelnen Regionen unterschiedlich ausgeprägt ist, der Mensch und sein Umgang mit diesen Naturgefahren, die Infrastruktur, sowie die vorhandenen Vermögenswerte und der Versicherungsschutz eben dieser.

Die fünf Faktoren stehen untereinander in einem sehr komplexen Zusammenhang, auf den hier nicht genauer eingegangen wird.

---

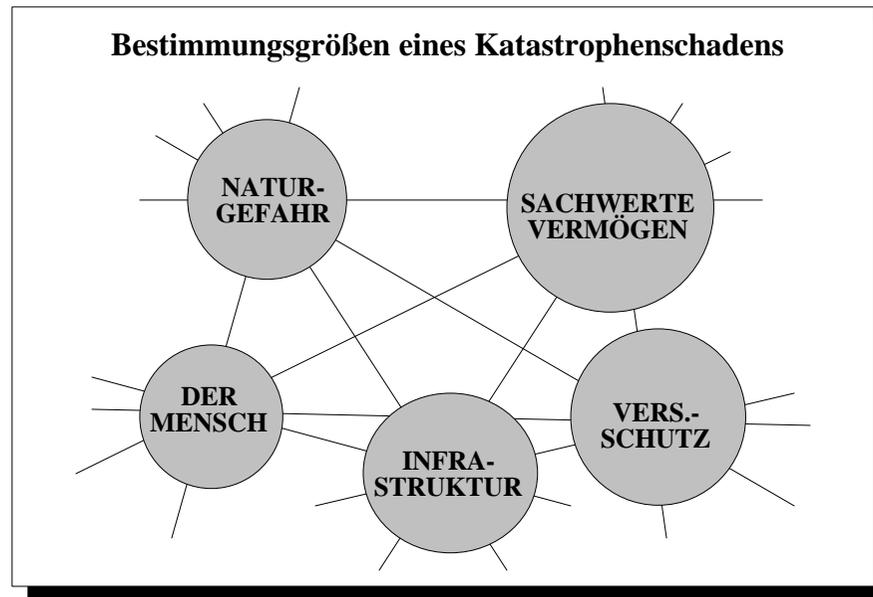


Abbildung 1.1.6: Bestimmungsgrößen eines Katastrophenschadens

#### 1.1.4 Strategien der Versicherungswirtschaft

Um den Schadensausgleich für Versicherungsunternehmen zu verbessern, besteht die Möglichkeit den Versicherungsschutz zu ändern. Neben dieser direkten Einflußmöglichkeit bestehen für die Versicherungsindustrie aber auch noch indirekte Möglichkeiten für das Verbessern und Beobachten der Rahmenbedingungen, die in Abbildung 1.1.7 detailliert dargestellt sind.



Abbildung 1.1.7: Strategien für Versicherungsunternehmen

Tabelle 1.1.8 geht noch speziell auf die Möglichkeiten einer Veränderung des Versicherungsschutzes ein. Dies kann durch veränderte Deckungsformen geschehen (z. B. durch höhere Selbstbehalte), durch eine Anhebung der Preise, oder aber durch Selektion der Risikogruppen bei Vertragsabschlüssen.

Diese Maßnahmen treffen bei den Kunden nicht immer auf Verständnis, was vor allem für Selektionsmaßnahmen gilt. So bekommen z. B. Wohnhäuser entlang des Rheins aufgrund des hohen Risikos keine Versicherung mehr.

**DIE VERSICHERUNGSWIRTSCHAFT PASST SICH  
DEN VERÄNDERUNGEN AN**

- in den Deckungsformen
  - durch spezielle Elementarschadensdeckung
  - durch Pool oder andere obligatorische Lösungen
  - durch Anhebung der Selbstbehalte
- bei den Preisen
  - vor dem Hintergrund erheblich gestiegener RV-Kosten
- durch Selektion bei Vertragsabschluß

Tabelle 1.1.8: Anpassung der Versicherungswirtschaft

Es stellt sich nun die Frage ob diese Probleme, vor allem jenes der Selektionspolitik, staatlicher Lösungen bedürfen. Trotz der Tatsache, daß staatliche Lösungen diese Deckungslücken schließen, sollten nichtstaatliche Lösungen vorgezogen werden.

Dies ist damit zu begründen, daß staatliche Lösungen die Risikovorsorge erlahmen lassen, da für Versicherungsnehmer kein Anreiz besteht selbst an einer Verringerung des Risikos interessiert zu sein.

Als zweiter wichtiger Punkt ist der hohe Kontrollaufwand zu berücksichtigen, der staatliche Versicherungen als nicht wirtschaftlich erscheinen läßt (siehe Tabelle 1.1.9).

---

**MUSS DER STAAT EINGREIFEN?**

- Rein staatliche Lösungen schließen Deckungslücken
- Sie haben aber nachteilige Folgen:
  - Sie lassen die Risikovorsorge erlahmen
  - Sie erfordern einen hohen Kontrollaufwand
  - Sie sind nicht wirtschaftlicher
- Nichtstaatlichen Lösungen gebührt der Vorrang

Tabelle 1.1.9: Probleme staatlicher Versicherungen

Aus diesem Grund gibt es auch nur sehr wenige staatliche Versicherungslösungen, dafür meistens entweder Versicherungslösungen mit staatlicher Unterstützung, oder reine Versicherungslösungen (z.B. in Form von Pools oder Spezialdeckungen).

In Tabelle 1.1.10 werden mögliche Aktivitäten der Versicherungsindustrie aufgezeigt.

---

**DIE VERSICHERUNGSWIRTSCHAFT KANN MEHR TUN  
SIE KANN:**

- Umweltrelevante Faktoren auf Risikorelevanz untersuchen
- Versicherungsschutz umweltfördernd gestalten z. B.
  - Produkte zur Reduktion des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes
  - Produkte zur Förderung der Solarenergie
- Ihre großen Erfahrungen im Riskmanagement zur Verfügung stellen

Tabelle 1.1.10: Handlungsmöglichkeiten der Versicherungsindustrie

Um diese Handlungsmöglichkeiten zu konkretisieren werden in Tabelle 1.1.11 einige Maßnahmen dazu vorgestellt.

---

**SIE KANN FERNER...**

- bei eigenen Bauten umweltbewußt planen
- bei der Kapitalanlagepolitik Umweltaspekte berücksichtigen
- über Beteiligungen das Umweltbewußtsein in anderen Bereichen beeinflussen
- den Risikodialog mit allen Beteiligten führen, mit Kunden, Lieferanten, Kreditnehmern, Mitarbeitern, Regierungen, staatlichen Organen und Öffentlichkeit

Tabelle 1.1.11: Konkrete Maßnahmen für Versicherungsunternehmen

Sowohl bei der Kapitalanlagepolitik, wo neben Rendite und Sicherheit auch die Umweltaspekte der finanzierten Projekte berücksichtigt werden sollten, als auch bei Beteiligungen ergibt sich jedoch das Problem, daß es nicht immer möglich ist den genauen Verwendungszweck der Gelder zu verfolgen und zu beeinflussen.

Im Falle von Deutschland fließen zum Beispiel ungefähr 50 % der Gelder bei Beteiligungen in den öffentlichen Bereich, und werden für so unterschiedliche Investitionen wie Kindergärten oder Straßenbau verwendet, dieser Umstand macht eine Kontrolle unmöglich.

Um den letzten Punkt, nämlich den Risikodialog (siehe Tabelle 1.1.11) zu fördern haben 56 Versicherungsgesellschaften aus 18 Ländern eine „Umwelterklärung“ im Rahmen der UNEP (United Nations Environmental Program) bei den Vereinten Nationen in Genf unterzeichnet. Zu den Erstunterzeichnern zählt unter anderem auch die Wiener Städtische.

Zusätzlich arbeitet die Versicherungsindustrie mit dem World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), dem Intergovernmental Panel on Climate Change

(IPCC) zusammen und wird vom Framework Council on Climate Change (FCCC) als Nichtregierungsorganisation anerkannt.

Diese Aktivitäten können und werden von Versicherungsunternehmen wahrgenommen. Versicherungsunternehmen sehen sich jedoch nicht dazu berufen als Steuerbehörde, Umwelpolizei oder staatliches Organ in der Diskussion um den Klimawandel aufzutreten. Trotzdem ergibt sich für die Versicherungsindustrie ein breites Feld, das sie im Rahmen der Diskussion über Klimaveränderungen abdecken kann.

---

---

## 1.2 Climatic Change and its Consequences for Mountain Regions

*Prof. Martin Beniston, Institute of Geography, University of Fribourg, Switzerland*

### 1.2.1 Introduction

Mountain systems are important in both environmental and societal terms, because they provide direct life support for close to 10 % of the world's population, and indirectly to over half, principally because they are the source region for many of the world's major river systems.

Water resources for populated lowland regions are highly influenced by climatological processes in mountain regions. Because of their great altitudinal range, mountains such as the Himalayas, the Rockies, the Andes, and the Alps, exhibit, within short horizontal distances, climatic regimes which are similar to those of widely separated latitudinal belts; they consequently feature high biodiversity.

Indeed, there is such a close link between mountain vegetation and climate that vegetation belt typology has been extensively used to define climatic zones and their altitudinal and latitudinal transitions (cf. for example Klötzli, 1984, 1991, 1994; Ozenda, 1985; Quezel and Barbero, 1990; Rameau et al., 1993).

Mountains are not only affected by climate, they are also important in a number of physical mechanisms which influence the climate system. They are one of the trigger mechanisms of cyclogenesis in mid latitudes, through their perturbations of large-scale atmospheric flow patterns.

The effects of large-scale orography on the atmospheric circulation and climate in general have been the focus of numerous investigations, such as those of Bolin (1950), Manabe and Terpstra (1974), Smith (1979), Held (1983), Jacqmin and Lindzen (1985), Nigam et al. (1988), Kutzbach (1967), Broccoli and Manabe (1992) and others. One general conclusion from these comprehensive studies is that orography, in addition to thermal land-sea contrasts, is the main shaping factor of the stationary planetary waves of the winter troposphere in particular.

The seasonal blocking episodes experienced in many regions of the world, with large associated anomalies in temperature and precipitation, are also closely linked to the presence of mountains.

A precise understanding of the climatic characteristics of mountain regions is complicated on the one hand by a lack of observational data at the spatial and temporal resolution adequate for climate research in regions of complex topography, and on the other by the considerable difficulty in representing complex terrain in current general circulation climate models (GCMs).

---

Meteorological research has tended to focus on the upstream and downstream influences of barriers to flow and on orographic effects on weather systems (Smith, 1979), rather than on the specificities of climate within the mountain environments themselves.

These include microclimatological processes which feed into the large-scale flows, and the feedbacks between the surface and the atmosphere, particularly vegetation and geomorphologic features, which can create microclimatic contrasts in surface heating, soil moisture or snow-cover duration (Geiger, 1965). Isolating macro- and microscale processes, in order to determine their relative importance, is complicated by inadequate data bases for most mountain areas of the world (Barry, 1994).

### 1.2.2 Modeling of climatic change in the Alpine region

In terms of modeling studies of mountain climates, the dominant feature of mountains - i.e., topography - is so poorly resolved in most general circulation climate models (GCMs) that it is difficult to use GCM-based scenarios for investigating the potential impacts of climate change.

Any meaningful climate projection for mountain regions - and indeed for any area of less than a continental scale - needs to consider processes acting from the very local to the global scales. Numerous climatological details of mountains are overlooked by the climate models, making it difficult to predict the consequences of climate change on mountain hydrology, glaciers, or ecosystems (Giorgi and Mearns, 1991; Beniston, 1994).

The situation is currently improving with the advent of high-resolution climate simulations, where the spatial scale of GCMs is on the order of 100 km (Beniston et al., 1995; Marinucci et al., 1995). However, much of the research on the potential impacts of climate change in mountain regions require climatological information on scales which are generally far smaller than the typical grid-size of even the highest resolution numerical climate models.

As a result, many impacts studies have been constrained by the lack of scenario data of sufficient reliability and quality at the desired scales. It is these scales, however, which are of particular interest to policy makers, especially in the context of the United Nations Framework Convention on Climate Change, whose aim is to limit anthropogenic interference with the climate system and allow its future evolution to be sufficiently slow for ecosystems to adapt naturally to this change.

---

	<b>1990</b>	<b>IS92A</b>	<b>IS92B</b>	<b>IS92C</b>	<b>IS92D</b>	<b>IS92E</b>	<b>IS92F</b>
<b>Population [billion]</b>	<b>5,25</b>	<b>11,3</b>	<b>11,3</b>	<b>6,4</b>	<b>6,4</b>	<b>11,3</b>	<b>17,6</b>
<b>Economic growth [%]</b>	----	<b>2,3</b>	<b>2,3</b>	<b>1,2</b>	<b>2,0</b>	<b>3,0</b>	<b>2,3</b>
<b>CO2 Concentration [ppmv]</b>	<b>355</b>	<b>733</b>	<b>710</b>	<b>485</b>	<b>568</b>	<b>986</b>	<b>848</b>

Table 1.2.1: Demography and economic growth to the end of the 21st Century, compiled by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 1996)

The starting point of any future climate modeling is to undertake simulations of climatic change on the global scale with a GCM. This involves not only knowledge of the physical characteristics of the atmosphere in the future, but also of socio-economic processes such as demography and economic growth and development.

Estimations of these crucial societal factors for coming decades indirectly leads to evaluations of emissions of greenhouse gases (in particular carbon dioxide and methane) in coming decades, because economic growth and the level of development is intimately linked to the use of fossil fuels, industrial production and agricultural resources. Table 1.2.1 lists the projections of possible economic and demographic growth to the end of the next century, based on the report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 1996).

The differences in the scenarios (a factor of 1 to 3 depending on the scenario) are the result of uncertainties in rates of economic development and demography in the currently industrialized countries and the developing countries and those with economies in transition.

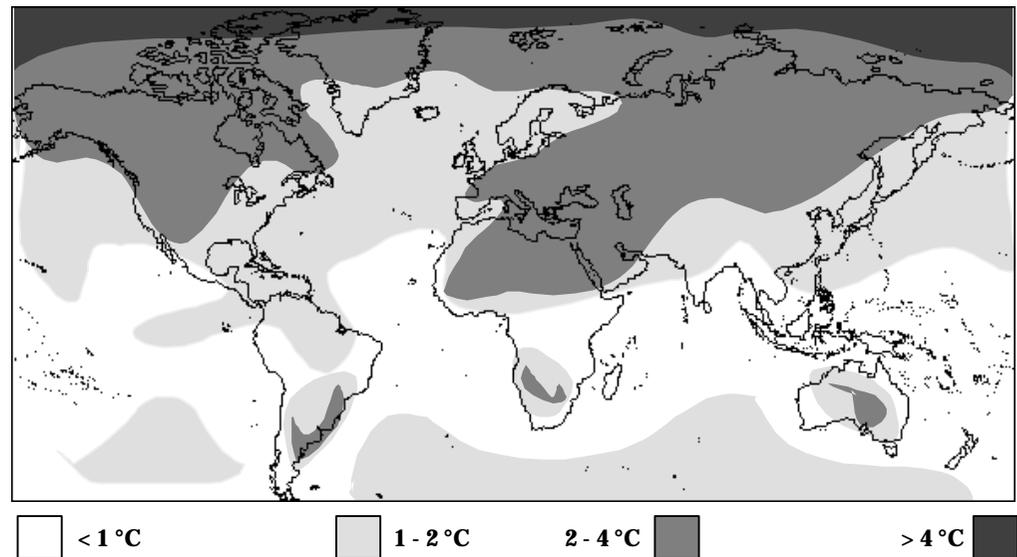


Figure 1.2.1: Changes in annual mean global temperatures between current climate and 2 x CO<sub>2</sub> climate

Figure 1.2.1 illustrates the mean temperature changes which are projected by the ECHAM-4 model of the Max Planck Institute (Hamburg) which has been applied by the Swiss climate modeling community.

It is seen that the amplitude of warming increases towards the Polar regions, for reasons linked to marked changes in the surface energy balance consecutive to sharp decreases in area and duration of snow and ice cover. For the Alpine region, the GCM only suggests that warming may lie in the range of 2-4 °C with respect to current climate.

While this is already an indication that temperature increase is likely to occur 10-100 times faster than natural climate fluctuations of the last 10'000 years, the level of information supplied by such a figure is generally insufficient to undertake useful impacts studies, since these are generally required at the regional and local scales.

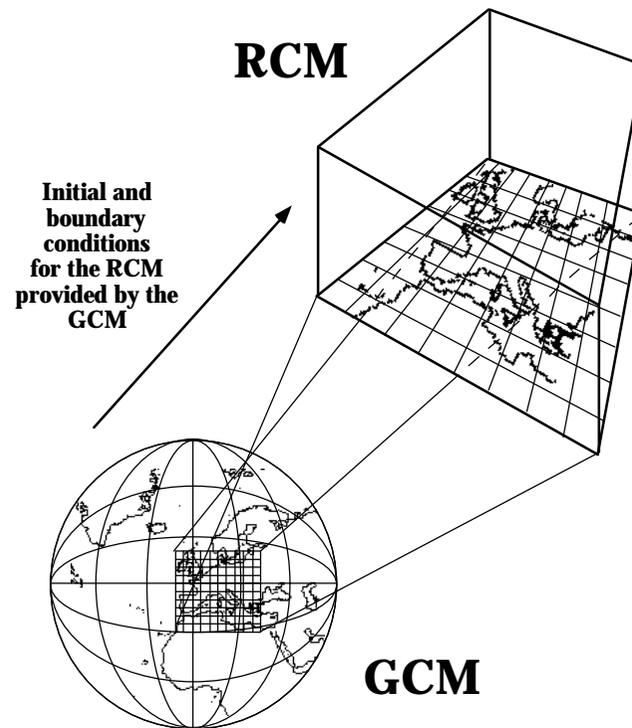


Figure 1.2.2: Schematic illustration of the coupling (or nesting) of a Regional Climate Model (RCM) to a General Circulation Model (GCM)

One solution to this problem resides in a technique in which a regional climate model (RCM), which operates with a much finer spatial definition, makes use of the GCM data as initial and boundary conditions for much more detailed climatological simulations over a region of interest, such as the Alps. The coupling of the GCM and the RCM is schematically illustrated in Figure 1.2.2.

The technique has been applied to the Alpine region, in which the RCM is capable of simulating climatic processes in the vicinity of the Alps in much more detail, since it captures the geographical details more precisely with its 20-km horizontal grid than does the GCM with its 120-km grid.

High-resolution climatologies for January and July in both the 'present-day' and the 'double-CO<sub>2</sub>' situations have been simulated over the Alps using the RegCM2 RCM of the

National Center for Atmospheric Research (NCAR, Boulder, Colorado) and the ECHAM-4 GCM (Marinucci et al., 1995).

Based on the global information provided by the GCM for a five-year time window for both the present and future climates, RegCM2 has simulated detailed climatologies over the region of interest. To analyze the model performances, the results from these simulations were compared with two observed climatological data sets, namely the  $0.5^\circ$  resolution gridded data of Legates and Wilmott and a dataset from close to 100 observing stations distributed throughout Switzerland.

The nested model RegCM2 reproduced several aspects of the Alpine temperature and precipitation climatology but also showed significant deficiencies which are likely to be linked to failings in the initial and boundary conditions provided by ECHAM-4.

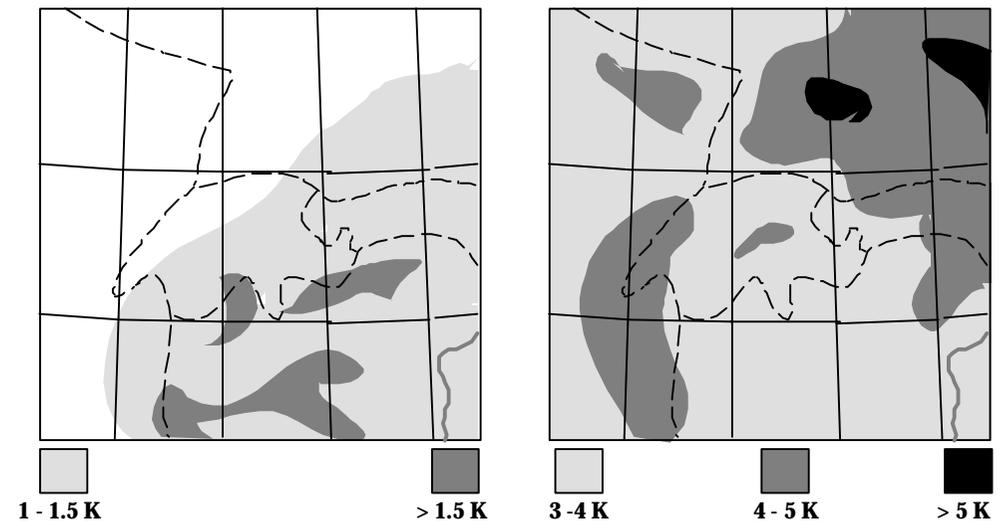


Figure 1.2.3: RCM temperature change in January (left) and July (right), between current and future climate

In the "double- $\text{CO}_2$ " simulations (i.e., which represent the time at which atmospheric concentrations will double with respect to pre-industrial values), generally higher winter temperatures and a more marked increase in summer temperatures appears to be in accord with other studies on global climate change (Figure 1.2.3); there are indications that temperature increases more at higher elevations than at lower altitudes (Rotach et al., 1996).

Precipitation is also higher and more intense in winter, but much reduced in summer (Figure 1.2.4). While the temperature and precipitation changes are within the range of model errors (when compared to observational data), comparing only model simulations for present and future climates reveals trends of temperatures and precipitation which are consistent with greenhouse-gas warming.

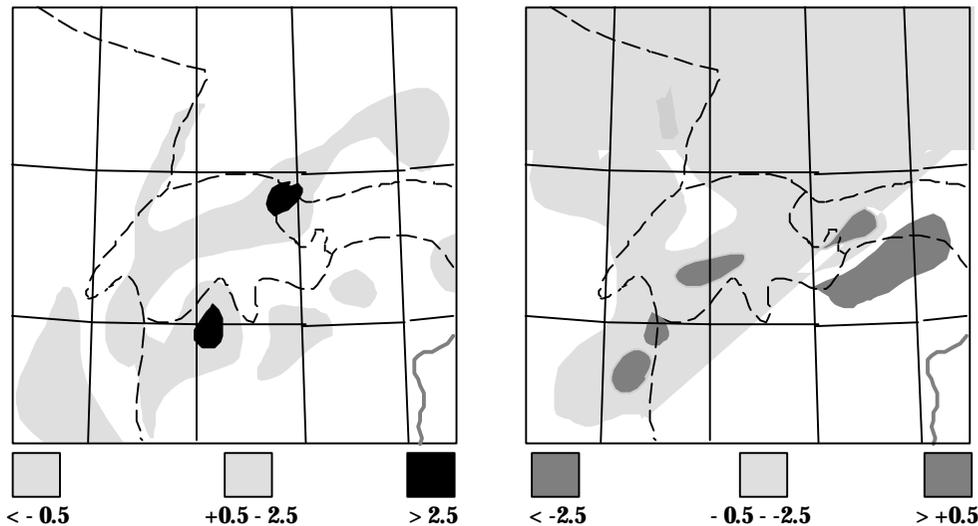


Figure 1.2.4: As Figure 1.2.3, except for average daily precipitation changes. Units: mm/day

### 1.2.3 Impacts of climatic change in mountain regions

Mountain regions are characterized by sensitive ecosystems, enhanced occurrences of extreme weather events and natural catastrophes; they are also regions of conflicting interests between economic development and environmental conservation.

Once regarded as hostile and economically non-viable regions, mountains have in the latter part of the century attracted major economic investments for tourism, hydro-power, and communication routes. In the context of climate change, significant perturbations can be expected to natural systems and these will inevitably have an influence on the economy of mountainous regions.

Examples of systems in mountain areas which could be significantly perturbed by abrupt climate change, in particular hypothesized global warming consecutive to increases in greenhouse gases of anthropogenic origin, are given below.

#### 1.2.4 Impacts on water resources

The sharing of water resources poses immense political problems when major hydrological basins are shared by several different countries, and it is exceedingly difficult to manage the waters of a river which crosses several international boundaries.

For example, the Swiss Alps are the source of many of Europe's major rivers, in particular the Rhône, the Rhine, the Inn which feeds into the Danube and the Ticino which flows into the Pô. Rivers originating in Switzerland flow into the North Sea, the Mediterranean, the Adriatic, and the Black Sea. Any uncoordinated control of these river basins by any one country, due to decreased precipitation and increased demand would lead to serious conflictual situations downstream. Such problems would become exacerbated by climate change in sensitive regions.

Simulating precipitation patterns in mountain areas is today exceedingly difficult, because many precipitation events are local or mesoscale in nature and are poorly resolved by even the most advanced RCMs.

Predicting the future trends of precipitation over areas as small as the Alps, for example, is practically impossible with present-day GCMs, so that little can be inferred for the impact of global warming on precipitation patterns.

However, this is one key parameter which urgently requires quantification, as any significant change in rainfall or snowfall will have wide-ranging effects on natural and economic environments, both within the mountains themselves and far downstream in the river basins which they control.

#### 1.2.5 Impacts on snow, glaciers, and permafrost

The IPCC has attempted to assess some of the potential effects of a warmer atmosphere on the mountain cryosphere. According to a report by the National Research Council (1985), a 1°C increase in mean temperature implies that the present snowline could rise by about 200 m above present levels in the European Alps.

Kuhn (1989) has estimated that, for a 3°C warming by the middle of the next century, ice would no longer occur below the 2500 m level in the Austrian Alps, with the consequence that 50 % of the remaining ice cover would disappear. It is, however, difficult to estimate the exact response of glaciers to global warming, because glacier dynamics are influenced by numerous factors other than climate, even though temperature, precipitation, and cloudiness may be the dominant controlling factors. According to the size, exposure, and altitude of glaciers, different response times can be expected for the same climatic forcing. For example in Switzerland, a number of glaciers are still advancing or are stationary despite a decade of mild winters, warm summers, and lower than average precipitation.

---

---

A rise in the snowline would be accompanied by ablation of present permafrost regions. Zimmermann and Haeberli (1989) show that permafrost melting as well as the projected decrease in glacial coverage would result in higher slope instability, which in turn would lead to a greater number of debris and mud slides, and increased sediment loads in rivers.

### 1.2.6 Impacts on forests and natural ecosystems

Species will react in various manners to global climate change; increases can be expected for some species while others will undergo marked decreases. Under conditions of rapid warming, it is quite likely that certain ecosystems may not adapt quickly enough to respond to abrupt climate changes; this could be the case of forests which may not be able to migrate fast enough, or of species with very local ranges which have nowhere to migrate to. The possibilities of migration of species to higher altitudes, in order to find similar conditions to those of today, will probably be limited by other factors such as soil types, water availability, and the human barriers to migration such as settlements and highways. Analogies with migrations of the past are hazardous at best because of human perturbations to the environment which were not present millenia ago, and because the expected climatic change will be at a rate unprecedented in the last 10,000 years. The disappearance of certain types of protective vegetation cover, particularly forests, from mountain slopes would render these more prone to erosion, mud and rock slides, as well as avalanches.

As an illustrative example of potential changes in different mountain regions of the Western Hemisphere, Halpin (1994) has applied an ecosystem model to mountain sites in Costa Rica, California, and Alaska. Figure 1.2.5 illustrates the changes in vegetation typology which can be expected following a change in climate marked by a rise in temperature of 3.5 °C and a 10 % increase in precipitation. In all three cases, it is seen that not only the

vegetation belts shift upwards - with the result that some species at the top of the mountains disappear because of the lack of migration potential - but also that there is considerable competition between species. In this latter case, some species are able to migrate much faster than others, thereby replacing the slower moving species.

The overall picture is that, due to both direct extinction resulting from problems of migration, and extinction through inter-species competition, the biological diversity in all three mountain regions diminishes significantly. In Halpin's example, about 33 % of plants in Costa Rica undergo substantial changes, close to 66 % in California, and a relatively low 22 % in Alaska; this latter situation is due to the fact that the edge of the tundra vegetation and snowline is relatively unaffected by a 3-4 °C warming since the annual average temperature is still well below freezing even after climatic change.

---

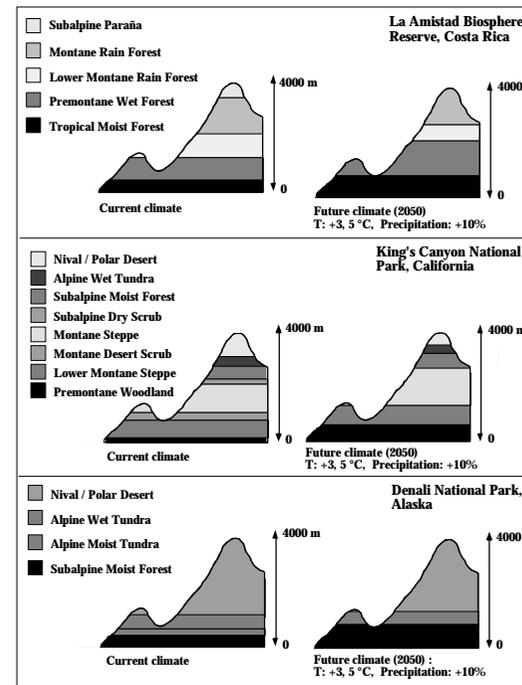


Figure 1.2.5: Shifts in vegetation belts in three mountain regions of the Western Hemisphere representative of tropical (upper), temperate (middle) and boreal (lower) climates, following moderate changes in temperature and precipitation in the next century

### 1.2.7 Impacts on mountain economies

The environmental impacts of a warmer atmosphere would have a number of consequences for the regional economy of a mountain region.

Increases in debris flows and avalanches would be responsible for greater incidence of damage to buildings and traffic routes, vegetation, and the obstruction of rivers with corresponding flooding. In the severe flooding episode of August 1987 in Central Switzerland, road and rail traffic on one of the densest north-south communication routes across the Alps was severely disrupted. Increases in such episodes in future would have severe economic consequences not only for the region itself, but also for all users of such vital communication links.

The additional risks due to climate change would sharply raise insurance premiums to cover the higher frequency of damage to property, as well as the basic costs of civil

---

engineering works necessary for the protection of settlements and communication routes. Such costs would weigh heavily upon regional mountain economies.

Tourism may also suffer from climate change in mountain regions; in particular, uncertain snow cover during peak winter sports seasons may discourage tourists to come to the mountains. However, in recent years, numerous winter sports resorts have been facing financial difficulties even during favorable winters. Many are now re-organizing their sports and cultural infrastructure in order to attract vacationers whatever the climatic conditions.

Hydro-electric power is a key element of mountain-based economy in the Alpine regions, as well as in the Rockies and in the Southern Alps of New Zealand.

In this latter country, over 70 % of electricity is generated by hydro-power (Fitzharris, 1989). Accelerated glacier melting would result in an increase in electricity production and a reduction in water storage requirements, at least until the glaciers find a new equilibrium level. However, if the glacier melting is intense, then river flooding and damage to dam structures may occur, offsetting the temporary 'benefits' of increased storage and production capacities.

### 1.2.8 Conclusions

This brief overview of climatic change in mountain regions is based on several works published in recent years in the international literature, particularly in Beniston (1994) and Beniston et al. (1996).

There is a large consensus as to the very real threat which abrupt global warming poses to a wide range of environmental, social and economic systems both globally and regionally such as in the Alps. The IPCC (1996) has been instrumental in providing the state-of-the-art information on climatic change and its environmental and economic consequences, so that while science can continue to refine its predictions for the future, there is sufficient material to justify joint international action for reducing the risks related to climatic change and to define strategies for adapting to change as soon as possible, before such actions become much more costly in the future.

The United Nations Framework Convention on Climate Change (FCCC) has the explicit objective of protecting the climate system, through political, economic and legal measures destined to reduce the emissions of greenhouse gases in the atmosphere and ultimately to stabilize their concentrations. Indeed, in terms of ecological systems, Article 2 of the FCCC explicitly states that:

*“...The ultimate objective of the FCCC... is the stabilization of greenhouse gas concentrations at a level which would prevent dangerous anthropogenic interference with the climate system. Such a level should be achieved within a timeframe sufficient to allow*

---

*ecosystems to adapt naturally to climate change, to ensure that food production is not threatened and to enable economic development to proceed in a sustainable manner....,*

Progress on implementing the FCCC is a long-term process, and there is by no means unanimity in all Parties to the Convention as to how to achieve implementation. It does remain, however, one of the rare policy instruments at the international level which may enable to avert a major and irreversible change in our environmental systems.

### 1.2.9 References

Barry, R.G., 1994: Past and potential future changes in mountain environments, Mountain Environments in Changing Climates, M. Beniston, (ed.), Routledge Publishing Company, London and New York, 3-33.

Beniston, M. (Editor), 1994: Mountain Environments in Changing Climates. Routledge Publishing Co., London and New York. 492 pp

Beniston, M., Fox, D. G., Adhikary, S., Andressen, R., Guisan, A., Holten, J., Innes, J., Maitima, J., Price, M., and Tessier, L., 1996: The Impacts of Climate Change on Mountain Regions. Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Chapter 5, Cambridge University Press, [Need page nos.]

Beniston, M., Ohmura, A., Rotach, M., Tschuck, P., Wild, M., and Marinucci, M. R., 1995: Simulation of climate trends over the Alpine Region: Development of a physically-based modeling system for application to regional studies of current and future climate. Final Scientific Report Nr. 4031 - 33250 to the Swiss National Science Foundation, Bern, Switzerland.

Bolin, B., 1950: On the influence of the earth's orography on the general character of the westerlies. Tellus 2, 184-195.

Broccoli, A. J. and S. Manabe, 1992: The effect of orography on midlatitude northern hemisphere dry climates. J. Climate 5, 1181-1201.

Fitzharris, B. B. 1989: 'Impact of climate change on the terrestrial cryosphere in New Zealand', Summary paper, Department of Geography, University of Otago

Geiger, R., 1965: The Climate Near the Ground. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 277 pp.

Giorgi, F., and L.O. Mearns, 1991: Approaches to the simulation of regional climate change. Rev. Geophys., 29, 191-216.

Halpin, P. N., 1994: Latitudinal variation in the potential response of mountain ecosystems to climatic change, Mountain Environments in Changing Climates, M. Beniston, (ed.), Routledge Publishing Company, London and New York, 180-203.

---

- 
- Held, I. M., 1983: Stationary and quasi-stationary eddies in the extratropical troposphere: theory, pp. 127-168. Academic Press
- Houghton, J. T., G. J. Jenkins, and J. J. Ephraums (Eds.), 1996: Climate change 1995 - The IPCC Scientific Assessment, Cambridge University Press, Cambridge, 572 pp.
- IPCC, 1996: See Houghton et al., 1996 and Watson et al., 1996 in this list of references
- Jacqmin, D. and R. S. Lindzen, 1985: The causation and sensitivity of the northern winter planetary waves. *J. Atmos. Sci.* 42, 724-745.
- Klötzli, F., 1984: Neuere Erkenntnisse zur Buchengrenze in Mitteleuropa, *Fukarek, Akad. Nauka um jetn. bosne Herc., rad. 72, Odj. Prir. Mat. Nauka 21, P. Festschr. (ed.)*, Sarajevo, 381-395
- Klötzli, F., 1991: Longevity and stress, *Modern Ecology: Basic and Applied Aspects*, G. Esser, and D. Overdiek, (eds.), Elsevier, Amsterdam, 97-110
- Klötzli, F., 1994: Vegetation als Spielball naturgegebener Bauherren, *Phytocoenologia*, 24, 667-675
- Kuhn, M., 1989, 'The effects of long-term warming on alpine snow and ice', In: Rupke, J. and M. M. Boer (Eds.) *Landscape Ecological Impact of Climate Change on Alpine Regions*, Lunteren, The Netherlands
- Kutzbach, J. E., 1967: Empirical eigenvectors of sea-level pressure, surface temperature and precipitation complexes over North America. *J. Appl. Met.*, 133, 791-802
- Manabe, S. and T. B. Terpstra, 1974: The effects of mountains on the general circulation of the atmosphere as identified by numerical experiments. *J. Atmos. Sci.* 31, 3-42.
- Marinucci, M. R., Giorgi, F., Beniston, M., Wild, M., Tschuck, P., and Bernasconi, A., 1995: High resolution simulations of January and July climate over the Western Alpine region with a nested regional modeling system. *Theor. and Appl. Clim.*, 51, 119 - 138
- National Research Council, 1985, *Glaciers, ice sheets, and sea level: Effect of a carbon-induced climatic change*, National Academy Press, 330 pp.
- Nigam, S., I. M. Held, and S. W. Lyons, 1988: Linear simulations of the stationary eddies in a GCM. part II: The mountain model. *J. Atmos. Sci.* 45, 1433-1452.
- Ozenda, P., 1985: *La Végétation de la Chaîne Alpine dans l'Espace Montagnard Européen*. Masson, Paris, 344 pp.
- Quezel, P., and M. Barbero, 1990: Les forêts méditerranéennes: problèmes posés par leur signification historique, écologique et leur conservation. *Acta Botanica Malacitana*, 15, 145-178.s
-

Rameau, J.C., D. Mansion, G. Dumé, A. Lecointe, J. Timbal, P. Dupont, and R. Keller, 1993: Flore Forestière Française. Guide Ecologique Illustré, Lavoisier TEC and DOC Diffusion, Paris, 2419 pp.

Rotach, M. W., Marinucci, M. R., Wild, M., Tschuck, P., Ohmura, A., and Beniston, M., 1996: Nested regional simulations of climate change over the Alps for the scenario of a doubled greenhouse forcing. *Theor. and Appl. Clim.*, accepted

Smith, R. B., 1979: The Influence of Mountains on the Atmosphere. *Advances in Geophysics*, Volume 21, Academic Press, 87-230.

Watson, R. T., M. Zinyowera, and R. H. Moss (Eds.), 1996: *Climate change 1995 - Impacts, Adaptations and Mitigation Strategies*, Cambridge University Press, Cambridge, 879 pp.

Zimmermann, M. and W. Haeberli, 1989, 'Climatic change and debris flow activity in high mountain areas', In: Rupke, J. and Boer, M. M. (Eds.) *Landscape Ecological Impact of Climate Change on Alpine Regions*, Lunteren, The Netherlands

---

### **1.3 Klimaveränderung, Wintertourismus und Umwelt**

*Meinhard Breiling, Department for Landscape Planning, Alnarp University, Schweden*

#### **1.3.1 Abstract**

Erste Symptome einer Klimaveränderung sind in den österreichischen Alpen erkennbar. Dies ist zwar noch kein Beweis, daß eine Klimaveränderung stattfindet, doch plant man Maßnahmen gegen sie zu ergreifen, muß man rechtzeitig reagieren. Dies liegt auch im existentiellen Interesse der österreichischen Wintertourismusindustrie, deren vierzigjährige Wachstumsphase gebremst und beendet werden kann. Die Umwelt wird nicht nur durch die direkten Folgen der Klimaveränderung bedroht, sondern auch durch die indirekten Folgen einer Anpassung an die Klimaveränderung.

Konflikte mit dem Naturschutz werden durch eine intensivere Nutzung höhergelegener Gebiete und der Ausbreitung von Beschneiungsanlagen verschärft.

Die Betroffenen sind einer Klimaveränderung nicht hilflos ausgeliefert, sondern sie können sie abschwächen. Von Bedeutung ist, das im Großen vorhandene Wissen im Kleinen zu evaluieren. Mögliche Bedrohungen sollen durch entsprechende Maßnahmen begrenzt werden. Hierzu werden die Verantwortlichen von Tourismus, Naturschutz und Lokalpolitik benötigt. Sie werden gleichermaßen aufgefordert, sich intensiver mit dem Problemkomplex auseinanderzusetzen, um Strategien zur Verteidigung ihrer bedrohten Interessen entwickeln zu können.

#### **1.3.2 Einleitung**

Welche Auswirkungen kann eine Klimaveränderung für Österreichs Wirtschaft und Umwelt haben? Einige mögliche Antworten sollen nachfolgend für die am meisten betroffenen Teilbereiche in Hinblick auf wünschenswerte Maßnahmen gegeben werden:

- Wintertourismus
  - Einkommensverluste
  - Kostenexplosion
- Alpine Umwelt
  - kurzfristige, indirekte Klimafolgen
  - langfristige, direkte Klimafolgen

Der Wintertourismus ist (noch mehr als die Landwirtschaft) der klimasensibelste Wirtschaftszweig in Österreich. Bei sonst gleichbleibenden Bedingungen werden die Einnahmen im Wintertourismus zurückgehen, während die Kosten zur Aufrechterhaltung des Wirtschaftszweiges stark steigen.

---

Probleme im Wintertourismus wirken sich auch auf andere Wirtschaftssektoren aus, speziell in stark spezialisierten Regionen. Ein Zusammenbruch des Wintertourismus brächte eine Vielzahl sozialer Probleme. Insbesondere für die Verantwortlichen der Tourismusbranche ist es daher wichtig, die Bedrohung einer Klimaveränderung zu erkennen.

Die alpine Umwelt ist auf zweierlei Weise durch eine Klimaveränderung bedroht. Zum einen durch die direkten Auswirkungen, nämlich durch Schäden an Vegetation und Ökosystem, die zu einer verminderten Widerstandskraft und einer erhöhten Katastrophenanfälligkeit führen. Zum anderen muß man erwarten, daß anthropogene Eingriffe im Interesse der Aufrechterhaltung des Wintertourismus zunehmend ansteigen. Hierdurch vervielfachen sich die gewohnten Konflikte mit dem Naturschutz.

### **1.3.3 Die mögliche Klimaveränderung**

Die internationale Plattform zum Problem der Klimaveränderung (IPCC), eine Arbeitsgruppe vom Weltumweltprogramm (UNEP) und der Weltmeteorologieorganisation (WMO), die mehrere hundert Wissenschaftler und Regierungsbeamte umfaßt, geht davon aus, daß eine durch den Menschen verursachte Klimaveränderung stattfindet.

Zu ca. 80 % sind die Emissionen von Treibhausgasen für die anthropogene Klimaveränderung verantwortlich, die derzeit (1992) sechs Gigatonnen (= 6 Mrd. Tonnen) betragen. Die restlichen 20 % stammen von globalen Landnutzungsänderungen, z. B. der weltweiten Entwaldung und Brandrodung, die jährlich etwa 170.000 km<sup>2</sup> (1990) oder die doppelte Fläche von Österreich ausmacht.

Unser Wissen über eine mögliche Klimaveränderung beziehen wir aus Klimamodellen, sogenannten "General Circulation Models", kurz GCMs genannt. Mehr als zwanzig Gruppen entwickeln weltweit diese Modelle. Am bekanntesten sind jene des Max Planck Instituts in Hamburg, des British Met. Office, des NASA Goddard Instituts oder der Universität von Princeton. Sie benötigen einen hohen Aufwand an Wissenschaftlern und Computerleistung.

Während Einigkeit über die Tatsache einer Klimaveränderung besteht, ist das Ausmaß und die Geschwindigkeit der Erwärmung ungewiß.

Die Änderung der Konzentration von CO<sub>2</sub> (alle anderen Treibhausgase werden gleichfalls in CO<sub>2</sub> Äquivalenten ausgedrückt) in der Atmosphäre bewirkt eine Änderung von Klimaparametern, wie Temperatur, Niederschlag, Niederschlagsverteilung, Sonneneinstrahlung und Bewölkung, Windzirkulation, Luftdruck u.a.m.

---

Es kommt allerdings zu einer zeitlichen Verschiebung von Ursache und Wirkung. Das heutige Klima reflektiert das CO<sub>2</sub> Emissionsniveau von vor einigen Jahrzehnten, und nicht die heutigen Emissionen, die wiederum das zukünftige Klima beeinflussen werden.

Ein kritischer Schwellenwert ist in diesem Zusammenhang die Verdoppelung der CO<sub>2</sub> Konzentration der Atmosphäre im Vergleich zu 1988, wo die Konzentration 350 ppm (parts per million) betrug. Wann allerdings diese 700 ppm erreicht sind, ist unsicher. Eine Verdoppelung des CO<sub>2</sub> Gehalts in der Atmosphäre bewirkt eine globale Erwärmung, die zwischen 1,5 und 4,5 Grad Celsius geschätzt wird. (Die Erwärmung seit der letzten Eiszeit betrug 5 Grad Celsius).

Die besten Klimamodelle der Welt, etwa jenes des Max Planck Instituts in Hamburg, geben an, daß diese Konzentration im schlimmsten Fall bereits 2045 erreicht sein kann, bei einer günstigen Politik wird der Grenzwert erst nach 2100 erreicht. Entscheidend ist daher mehr Zeit zum Reagieren zu bekommen, die Auswirkungen abzuschwächen und so eine Anpassung an die geänderten Verhältnisse zu ermöglichen.

Der "Bremsweg" zur Verhinderung einer weiteren Klimaveränderung beträgt mehrere Jahrzehnte. Wollte man die Konzentration der langlebigen Treibhausgase (CO<sub>2</sub>, CFCs, N<sub>2</sub>O) in der Atmosphäre stabilisieren und hierdurch das Klima auf dem derzeitigen Stand fixieren, ist es notwendig mehr als 60 % der weltweit vom Menschen emittierten Treibhausgase sofort und auf Dauer zu reduzieren. Dies entspricht einer Reduktion vom Stand 1990 auf den Stand von 1955. Da die Emissionen vor allem in Entwicklungsländern stark steigen, muß aber angenommen werden, daß wir erst die Anfangsphase einer Klimaerwärmung durchlaufen.

Einzelne Länder sind mit positivem Beispiel vorangegangen und haben eine Reduktionen im Ausmaß von 25 % (Deutschland) oder 20 % (Dänemark, Italien, Österreich) von 1988 bis zum Jahr 2005 beschlossen. Andere Länder haben zugestimmt die Emission der Treibhausgase zu stabilisieren. Da diese Länder zusammen nur für einen Bruchteil (weniger als ein Fünftel) der globalen Emissionen verantwortlich sind, kann hierdurch keine wesentliche Verzögerung des anthropogen verursachten Treibhauseffekts erreicht werden (Döös 1993). Dennoch stellen diese Maßnahmen einen richtungsweisenden Anfang dar.

#### **1.3.4 Alpine Gebiete und mögliche Klimaveränderung**

Anhand einer alpinen Temperaturstation (Kornat, Bez. Hermagor, Kärnten, 1050m) wurde eine Erwärmung um 0,8 Grad Celsius im Laufe der letzten 30 Jahre (1962 bis 1992) festgestellt.

Analysen von Klimareihen anderer alpiner Stationen, durchgeführt von der Zentralanstalt für Metereologie und Geophysik, bestätigen diesen Trend (Böhm 1992).

---

Die vorgefundene Erwärmung liegt noch im Bereich der natürlichen Variabilität, bezogen auf zweihundertjährige Klimameßreihen, und ist noch kein Beweis einer Klimaveränderung. Man könnte daher argumentieren, daß wir gerade eine wärmere Phase des natürlichen Klimazyklus durchlaufen und keinen Einfluß auf das Klimageschehen nehmen können. Bei einer solchen Argumentation riskiert man, trotz einer großen Bedrohung nichts zu unternehmen. Sobald Klarheit bezüglich einer anthropogen verursachten Klimaveränderung bestünde, hätte man kaum Chancen wirksame Maßnahmen zu setzen.

Die Hauptkomponenten der Klimaveränderung sind eine Erhöhung der Temperatur und eine Veränderung des Niederschlages. Die Temperaturgegensätze sollen größer werden. Neben der Jahresdurchschnittstemperatur ändern sich die Temperaturamplituden von Jahreszeiten, Monaten oder Tagen.

Der Niederschlag kann sowohl zu- als auch abnehmen. Eine Veränderung um 10 % des Jahresniederschlages wird als wahrscheinlich angenommen. Von noch größerer Bedeutung ist aber die Veränderung der Niederschlagsverteilung. Extremereignisse wie Dürreperioden und Starkniederschläge sollen sich erhöhen.

Die durch Extremereignisse verursachten Katastrophen würden überproportional stark zunehmen. Weiters ändern sich Luftfeuchtigkeit, Windzirkulation und andere nicht näher genannte Klimaparameter.

### **1.3.5 Klimaveränderung und Einnahmen im Wintertourismus**

Österreichs Volkswirtschaft ist wie kaum ein anderes Land vom Klima abhängig. Während es in anderen Ländern vor allem die Landwirtschaft ist, die durch Dürrekatastrophen und vermehrt auftretende Unwetter geschädigt wird, so wird in Österreich noch zu einem weit höherem Maße der Wintertourismus betroffen.

Rund 9 % des österreichischen Bruttoinlandproduktes (BIP) stammen direkt aus der Tourismusbranche. Etwa ein Drittel aller Aktivitäten des BIP ist mit dem Tourismus verbunden, und ca. die Hälfte der touristischen Wertschöpfung erzielt der Wintertourismus.

Das Potential zur Ausübung des Wintersports wird in Regionen unter 1600 Meter Seehöhe stark bis extrem reduziert. Tieferliegende Gebiete wie der Semmering sind besonders betroffen, während hochgelegene Gebiete wie Lech am Arlberg oder Oberegurgl den durch eine Erwärmung verursachten Schneemangel kaum befürchten müssen.

---

Höhe über dem Meeresspiegel	100 jähriges Mittel	0,75 Grad C Erwärmung	1,5 Grad C Erwärmung	3 Grad C Erwärmung
400	77	68	60	27
600	90	84	77	60
800	101	95	90	77
1000	110	106	101	90
1200	120	115	110	101
1400	130	125	120	110
1600	144	137	130	120
1800	163	155	144	130
2000	178	170	163	144

Quelle: Aulitzky (1987) Temperaturdaten; WMO\UNEP (IPCC 1990) Frostlinienanstieg.

Tabelle 1.3.1: Tage mit Temperaturmittel unter 0 Grad Celsius als Mittel der Stationen der Ostalpen, als Durchschnitt der Periode 1851-1950

Die Tabelle 1.3.1 beschreibt die potentiellen Wintersporttage. Um Skisport zu betreiben, ist aber eine Schneedecke von ca. 30 cm (~150 mm Niederschlag) notwendig.

Je nach Gebiet sind etwa 25 bis 40 Tage vom Erwärmungsszenario abzuziehen, um die tatsächlichen Wintersporttage zu ermitteln. Die Saison wird bei einer Erwärmung um 0,75 Grad Celsius um rund eine Woche verkürzt, bei 1,5 Grad Celsius um rund zwei Wochen, wobei gerade die ertragreichste Weihnachtswoche gefährdet ist.

Eine relativ geringe Erwärmung von 0,75 Grad Celsius kann daher schon zu einem Rückgang von rund 10 % der Wintertourismuseinnahmen führen. Hierbei handelt es sich aber um einen österreichischen Durchschnittswert und ungünstig gelegene, bzw. stark spezialisierte Gebiete (vergl. Breiling, Charamza 1993) könnten weit höheren Schaden erleiden. Sie stünden vor dem wirtschaftlichen Bankrott.

Ein Anzeichen einer Klimaveränderung ist der ökonomische Flop der acht österreichischen Gletscherskigebiete, die für den Sommerskilauf erschlossen wurden. Die Gletscher schmelzen ab. Die Gletscherskigebiete könnten aber mit Fortschreiten der Klimaveränderung zunehmend Bedeutung für den Winterskilauf bekommen. Sie bleiben aber ökologisch schwer verkraftbare Eingriffe (z.B. Chemikalienbehandlung am Ursprung von Trinkwasserreserven).

Gewisse, hochgelegene Nobelskigebiete, die versuchen, die Anzahl der (Tages-) Gäste zu limitieren, würden ebenfalls mehr, in diesem Fall unerwünschten, Zulauf haben. Ein

---

"Qualitätstourismus" wäre unter diesen Voraussetzungen wohl nur schwer möglich. Indirekt kann es auch hier durch die Klimaveränderung zu Geschäftsrückgängen kommen, wenn das kaufkräftige Publikum andere, exklusivere Destinationen wählt.

Die Verluste im Wintertourismus schmälern das österreichische Volkseinkommen um 0,5 % pro Grad Celsius Erwärmung. Bedenkt man weiters die Abhängigkeit anderer Wirtschaftssektoren können die Gesamtverluste 1 bis 2 % des BIP betragen.

Es ist zu befürchten, daß die Folgen einer Klimaänderung in Österreich umfangreicher sein werden als in irgendeinem anderen hoch entwickeltem Land. Rund 80 % der Nüchtigungen betreffen den alpinen Raum Österreichs.

Nachfolgend sieht man eine Übersicht der Faktoren, die auf das Umwelt-Tourismus-System einwirken.

---

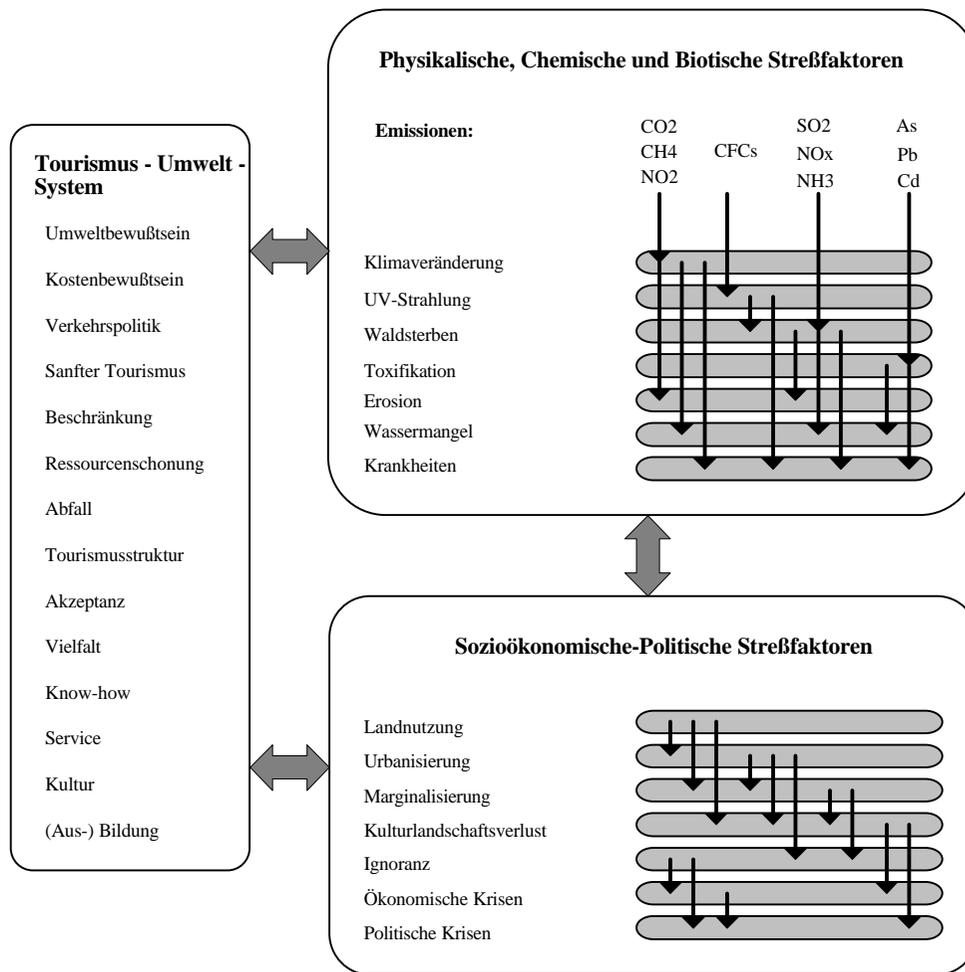


Abbildung 1.3.1: Faktoren, die auf das Umwelt-Tourismus-System einwirken

### 1.3.6 *Kostenexplosion im Wintertourismus*

Eine Konsequenz der Klimaveränderung wäre der Ausbau und die Neuerschließung hochalpiner Wintersportregionen, um Verluste in Tallagen zu kompensieren. Ein Anzeichen hierfür ist das Jahr 1993, wo trotz gesunkener Einnahmen ein Rekordinvestitionsvolumen von 17 Mrd. ÖS erreicht wurde (ORF, 1993).

Konflikte mit dem Naturschutz sind vorprogrammiert. Derzeit ist es überwiegend noch nicht möglich, in gesetzlich geschützten, hochalpinen Regionen neue Skigebiete zu erschließen.

Anzeichen einer fortschreitenden Klimaveränderung ist auch die zunehmende Dichte von Beschneiungsanlagen vor allem in Gebieten unter 2000 m Höhe. Beschneiungsanlagen können den Schneeverlust durch die Klimaveränderung teilweise ausgleichen. Einschränkung ist zu sagen, daß die Anlagen eine Tagesmitteltemperatur von weniger als minus zwei Celsius Grad erfordern, um optimal zu funktionieren. Sie sind nur bedingt und vorübergehend als Anpassungsmaßnahme einsetzbar, erlauben aber Zeit für Umstellungen zu gewinnen. Betriebswirtschaftlich rechnen sich Beschneiungsanlagen, sobald sie über zehn Jahre hindurch mehr als 10 % der Saisoneinnahmen sichern.

Die Politik des regionalen Ausgleichs wird zunehmend schwieriger. Ökonomische Disparitäten werden im Zuge einer Klimaveränderung steigen. Die reicheren Wintertourismuskommunen sind bereits heute höher gelegen. Für hochgelegene Skigebiete bringt die Klimaveränderung Wettbewerbsvorteile. Tieferliegende Wintertourismuskommunen werden zunehmend verarmen. Die vorhandene Schuldenlast vieler Gebiete wird diesen Prozeß stark beschleunigen.

### **1.3.7 *Alpiner Naturschutz und Klimaveränderung***

Im Zuge einer erwarteten Zunahme der touristischen Aktivität in hochgelegenen Regionen verstärken sich die "üblichen" Umweltprobleme.

Das Verkehrsaufkommen steigt. Mehr Infrastruktur (Beherbergungsbetriebe, Straßen, Skipisten etc.) wird benötigt. Mehr Ressourcen, etwa im Winter knapp vorhandenes Wasser, werden gebraucht. Die Müll- und Abwasserbeseitigung wird bedeutend aufwendiger.

Die Natur reagiert in größeren Höhen sensibler auf Eingriffe. Eine intensivere Nutzung führt zu mehr Erosion. Der Rückgang seltener Pflanzen oder ganzer Biotope, die bereits heute gefährdet sind, wird beschleunigt. Die Tierwelt wird in Rückzugsgebieten bedroht.

Andere Gefahren gehen von in Moränen zurückgehaltene Gletscherseen aus. Sie sind Zeitbomben. Sobald der innere Druck der Wassermasse, die durch Schmelzwasser gespeist wird, auf das umgebende Geröllmaterial zu groß wird, kann eine Sturzflut von ungeahntem Ausmaß losbrechen.

Naturschutzinteressen, die bisher eine noch schnellere Ausbreitung von Beschneiungsanlagen verhinderten, werden angesichts sinkender Tourismuseinnahmen und den hierdurch resultierenden ökonomischen Druck an Einfluß verlieren.

---

Beschneigungsanlagen sind ressourcenintensiv. Sie verbrauchen große Mengen an Wasser und Energie. Durch ihren Einsatz erhöht sich die Emission der Treibhausgase, sofern fossile Energieträger zum Einsatz gelangen. Sie können also nicht als ein Signal in die richtige Richtung verstanden werden und stehen im Widerspruch zu den Bemühungen Österreichs, die CO<sub>2</sub> Emissionen im Zeitraum von 1988 bis 2005 um 20 % zu senken.

### **1.3.8 Klimaveränderung in österreichischen Bezirken und die Auswirkungen auf die Bevölkerung**

Während die Mehrheit der Österreicher wenig vom Rückgang des alpinen Winterfremdenverkehrs betroffen ist (56 % der österreichischen Bevölkerung lebt unter 400 m Seehöhe) sind die 38 % der österreichischen Bevölkerung, die zwischen 400 und 800 m Höhenlage leben, stark bis extrem stark von einem klimainduzierten Rückgang des Winterfremdenverkehrs betroffen.

Eine Minorität von 6 % der österreichischen Bevölkerung, welche über 800 m Höhenlage lebt ist zwar gleichfalls stark betroffen, könnte aber kurzfristig von einer Klimaveränderung und einer Verlagerung des Winterfremdenverkehrs profitieren.

Auch die besten Klimamodelle können die kleinräumigen lokalen Klimaverhältnisse noch nicht vorhersagen. Dies soll aber kein Vorwand sein, nicht auf eine eventuelle Klimaveränderung lokal zu reagieren.

Vorsorge ist allein auf Grund der möglichen Folgen notwendig. Für ein Land wie Österreich gibt es aber keine Patentlösungen, die überall einsetzbar wären. Eine Näherung, um das Klimaproblem in den lokalen Griff zu bekommen, ist die Unterteilung in Bezirke und die Zusammenfassung ähnlich problematischer Bezirke zu Bezirksgruppen.

In Zusammenarbeit von drei Ministerien (Umwelt, Wirtschaft, Wissenschaft) wurde ein Forschungsauftrag an das Department for Landscape Planning Alnarp, SLU, und an die Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik in Wien vergeben, welcher Ende 1996 abgeschlossen sein soll.

#### **Analyse**

Die Studie analysiert den klimasensibelsten Wirtschaftszweig Wintertourismus und die Klimaparameter Temperatur, Niederschlag und Schnee retrospektiv anhand der letzten 30 Jahre (1965/66 bis 1994/95) für die einzelnen Bezirke Österreichs.

Speziell betroffen erscheinen nach einer vorläufigen Auswertung die Bundesländer Tirol, Salzburg und Vorarlberg, sowie einige Bezirke der Bundesländer Oberösterreich, Niederösterreich, Steiermark und Kärnten.

---

Zudem ist das Problem Klimaveränderung auf ländliche Gebiete Österreichs konzentriert, deren Wirtschaftssituation sich relativ zu städtischen Gebieten verschlechtern sollte.

---

### **Quantitative Modellrechnung**

Die Klimadaten, auf der Basis von Monatsmitteln und Bezirken berechnet, sollen mit den Wirtschaftsdaten in der selben zeitlichen und räumlichen Auflösung in einem Modell verbunden werden. Anhand der aktuellen Szenarien des IPCC soll ein Treibhauseffekt gemäß den Szenarienvorgaben im Modell einberechnet werden.

Unser Modell ist mit einem Prognosehorizont von 20 Jahren (2015) bewußt kurzfristig angelegt, im Vergleich mit dem Zeithorizont der Klimaforschung (allgemein 2050 - 2100), erscheint allerdings aus wirtschaftlicher Perspektive langfristig.

### **Generelle Auswirkungen auf den Winterfremdenverkehr**

Eine Temperaturveränderung, die bis dato vom IPCC als möglich angesehen wird (2,5 bis 3 Grad Celsius Erwärmung), bedeutet das Ende des heute üblichen alpinen Winterfremdenverkehrs.

Die Einnahmen im Winterfremdenverkehr werden sukzessive zurückgehen und die Kosten zur Aufrechterhaltung (Beschneigungsanlagen um Schneeverluste zu kompensieren, Landschaftssicherung durch z.B. Wildbach und Lawinenverbauung durch mehr Extremereignisse wie Starkregen und Trockenheit) sprunghaft ansteigen.

Es erscheint nur als eine Frage der Zeit wann der Punkt der Nichtmehrfinanzierung erreicht sein wird, der bereits lang vor einer Verdopplung des CO<sub>2</sub> Gehalts der Atmosphäre eintreffen kann.

Die Klimafolgen werden weitgehend durch die aktuelle Landnutzung verstärkt oder auch abgeschwächt. Es gibt viele Möglichkeiten durch Maßnahmen die lokale Situation spezifisch zu verbessern und so die Auswirkungen einer Klimaveränderung zu mildern (bzw. eine höhere Konzentration des CO<sub>2</sub>-Gehaltes der Atmosphäre zu ertragen).

Speziell sei hier die Verbesserung der Landschaftspflege in entlegenen und wirtschaftlich unbedeutenden Gebieten angesprochen, wo man Probleme mit der Schutzwald- und Almenpflege findet, die auch ohne Klimaveränderung für Probleme wie Bodenerosion, Hangrutschungen und Lawinengefährdung verantwortlich sein können.

### **Unterschiedliche Klimafolgen innerhalb Österreichs**

Flächendeckende Konzepte, die die gesamte Landschaft miteinbeziehen und nicht nur wirtschaftlich interessante Punkte (z. B. mittels einer UVP) herausfiltern, fehlen in Österreich.

Man versucht Probleme allzu direkt mit Symptombekämpfung am Ort der Wirkung hintanzuhalten. Dies trifft insbesondere auf Maßnahmen der Adaptierung gegen Klimavariabilität - etwa Beschneigungsanlagen - zu, welche kurzfristig das Problem

---

Schneemangel verringern, im Fall einer globalen Klimaveränderung aber eine zeitlich begrenzte Wirkung haben werden.

Anhand von vier unterschiedlichen Bezirksgruppen, die sich aufgrund der Klima- und Wirtschaftssituation ergeben, werden differenzierte praktische Maßnahmen empfohlen, welche der lokalen Bevölkerung als Richtlinien dienen sollten und im Sinne einer lokalen, aufrechterhaltbaren Entwicklung weiter den lokalen Bedingungen angepaßt werden können.

Organisatorische Anleihen hierfür bietet Schweden, welches derzeit die lokale Agenda 21 auf kommunaler Ebene in 288 Gemeinden umsetzt.

### **1.3.9 *Katastrophenzunahme durch Klimaveränderung***

In alter Zeit haben die Menschen nur die sichersten Zonen besiedelt. Die wirtschaftliche Nutzung des Alpenraums war und ist nur durch ein hohes Maß an Schutz für Leib und Gut der Einwohner zu gewährleisten. Übliche Bedrohungen sind Lawinen, Hangrutschungen, Wildbäche, Überschwemmungen oder Stürme.

Nach dem zweiten Weltkrieg setzte eine rasante Entwicklung im Alpenraum ein, die pro Jahrzehnt mehr veränderte als zuvor ein Jahrhundert. Die Landwirtschaft wurde zunehmend intensiviert und mechanisiert. Güter- und Forstwege entstanden. Der Tourismus löste die Landwirtschaft als Haupterwerbszweig ab. Kultur und Lebensstandard wurden zunehmend urbaner.

Der Nutzungsanspruch an die Landschaft stieg rasant an. Zonen, welche zuvor nicht genutzt wurden, dienen heute als Siedlungsgebiete, als Verkehrsflächen oder auch als Skipisten. Die Folge dieser Entwicklung war, daß die Zahl der "natürlichen" Katastrophen, aufgrund der intensiveren Nutzung, zunahm.

Es wurde notwendig Schutzeinrichtungen in die Landschaft zu stellen, die das Ausmaß des Schadens begrenzten. Heute sind ca. 25.000 ha des österreichischen Alpengebietes aus diesem Grund verbaut. Seit 40 Jahren flossen durchschnittlich etwa 0,4 % des BIP in die Sicherstellung der alpinen Landschaft, meist im Zuge von Regulierungs-, Siedlungs-, Straßenneubauten oder durch spezielle Projekte der Wildbach- und Lawinenverbauung.

Nebenbei sei erwähnt, daß diese Konstruktionen meistens einen empfindlichen Eingriff in die natürliche Landschaft darstellen, deren ästhetische Qualität vermindert wird. Die Extremwetterereignisse, die für die "natürlichen" Katastrophen verantwortlich sind, sollen im Zuge einer fortschreitenden Klimaveränderung ansteigen.

Kombiniert man die GCM Niederschlagsresultate (Gordon et al., 1992) mit empirischen Abfluß- und Hochwassermodellen der Wildbach- und Lawinenverbauung (Czell, Stauder, 1974, nach Hinterstoisser 1981; Ofner, 1981), so kann man erkennen, daß eine Ver-

---

zehnfachung der heute üblichen Katastrophen bei einer Verdoppelung der CO<sub>2</sub> Konzentration der Erde nicht unwahrscheinlich ist.

Zeitpunkt der CO <sub>2</sub> -Konzentration Verdoppelung	<b>1955-1995</b> Aufwand in % des BIP für Alpenschutz	<b>1995-2010</b> Aufwand in % des BIP für Alpenschutz	<b>2010-2025</b> Aufwand in % des BIP für Alpenschutz	<b>2025-2040</b> Aufwand in % des BIP für Alpenschutz
MPI 90 A 2045	0,4	0,8	1,6	3,2
MPI 90 D nach 2100	0,4	0,55	0,7	1,0

Tabelle 1.3.2: Notwendiger Aufwand für präventiven Katastrophenschutz in Österreich für zwei GCM Läufe des Max Planck Instituts Hamburg aufgrund der IPCC90 Szenarien.

Fraglich ist, wann diese Verdoppelung der CO<sub>2</sub> Konzentration erreicht sein wird. Danach richtet sich die Höhe des Betrages, der für präventiven Katastrophenschutz ausgegeben werden muß.

### 1.3.10 Mögliche Maßnahmen gegen eine Klimaveränderung

Prinzipiell gibt es zwei Möglichkeiten Maßnahmen gegen eine Klimaveränderung zu unternehmen:

- Die lokale Anpassung an neue Umweltrahmenbedingungen
- Geeignete globale Lösungsansätze aufzuzeigen

Das Problem der lokalen Anpassung ist, daß immer nur an einen Zwischenzustand einer schneller werdenden Veränderung angepaßt werden kann, und das nur, solange ausreichende, finanzielle Mittel einer gesunden Volkswirtschaft zur Verfügung stehen.

Lokale Anpassungsmaßnahmen sind bereits notwendig geworden. Etwa der verstärkte Ausbau von Beschneiungsanlagen. Andere werden erst mit dem weiteren Fortschreiten der Klimaveränderung notwendig werden, beispielsweise die massive Ausweitung von Schutzbauten.

Die Möglichkeit gegen die Folgen der Klimaveränderung lokal vorzugehen, darf nicht darüber hinwegtäuschen, daß es sich hierbei nur um eine Symptombekämpfung handelt. Die Maßnahmen sind nur dann von längerer Dauer, sofern parallel Fortschritte bei globalen Lösungsansätzen gefunden werden können.

---

Globale Lösungsansätze sind insofern schwierig, da die bevölkerungsreichsten Staaten wie Brasilien, China, Indien erst am Beginn ihrer industriellen Entwicklung stehen. Die pro Kopf Emission in diesen Staaten beträgt nur einen Bruchteil des Wertes westlicher Länder. Allgemein wird erwartet, daß der Prozeß einer globalen Lösung langwierig sein wird und es ist zu befürchten, daß er noch einige Jahrzehnte andauert.

Möglichkeiten zur Reduktion der Treibhausgase sind aber vielfach vorhanden. Rund 20 % der weltweiten Emissionen können kostenneutral oder sogar profitbringend reduziert werden (Meadows 1992). Die Kosten zur Reduktion von Treibhausgasen sind in den ehemaligen sozialistischen Staaten in Osteuropa oder in Entwicklungsländern wesentlich niedriger als in hochindustrialisierten Staaten wie Österreich (Stichwort: joint implementation).

Die Unterschutzstellung gefährdeter Waldgebiete kann noch weit günstiger einen Einsparungseffekt erzielen.

Die Initiative zur Ergreifung von Maßnahmen liegt heute zwar noch in den Händen weniger, bei staatlichen Stellen, Forschungseinrichtungen oder international orientierten Umweltvereinen, sollte aber in Zukunft von einer breiten Basis, allen voran von Vertretern der Tourismuswirtschaft, des Naturschutzes sowie von sonstigen lokalen Entscheidungsträgern, ergriffen werden. Nur so kann längerfristig sichergestellt werden, daß das vorhandene Wissen auch in Taten umgesetzt wird.

### **1.3.11 *Schlußbemerkung***

Eine Erwärmung um drei Grad Celsius, eine Veränderung des Niederschlags, gekoppelt mit einer gesteigerten Katastrophenfrequenz würde das Ende der österreichischen Wintertourismusindustrie und eine extreme Beeinträchtigung der alpinen Umwelt bedeuten.

Die Aufrechterhaltung der Besiedelung alpiner Landschaftsteile ist unter diesen Umständen höchst fraglich. Es muß daher von allerhöchstem Interesse sein, wie eine solche, für Österreich dramatische Entwicklung verhindert werden kann.

Es ist zur Zeit zwar Wissen über die möglichen Auswirkungen einer Klimaveränderung vorhanden, doch wird dieses Wissen auf lokalem Niveau noch kaum umgesetzt. Es wird daher in Zukunft ein Hauptaugenmerk sein müssen, wie man unter Berücksichtigung spezifischer Gegebenheiten, detailliert zu Informationen möglicher Klimafolgen auf örtlichem Niveau kommen kann.

Ob und wie sehr man eine Klimaveränderung in lokalen Planungen berücksichtigt, ist auf Grund der nicht bekannten Geschwindigkeit der Klimaveränderung der Entscheidung von lokalen Politikern, Tourismus- und Umweltverantwortlichen überlassen.

---

Gewisse Regionen und Gemeinden werden früher einen Handlungsbedarf spüren als andere. Entscheidend ist das rechtzeitige Aufgreifen der Problematik um gezielte Maßnahmen zu unterstützen.

### 1.3.12 *Zitierte und weiterführende Literatur*

**Aulitzky, H. e. a.** (1985). Grundlagen der Wildbach und Lawinerverbauung. Wien,

**Aulitzky, H.** (1987). Bioklimatologie II. Universität für Bodenkultur, Wien.

**Aushubel J.** (1991). Does climate really matter? In "Nature", Vol. 350

**Böhm, R.** (1992). Lufttemperaturschwankungen in Österreich seit 1992. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien.

**Bolin B., B.R.Döös, J.Jäger and R.A.Warrik** (1986). The Greenhouse Effect, Climate Change and Ecosystems, Scope 29, J. Wiley & Sons, Chichester.

**Breiling M.** (1994) Climate Variability: The Impact on the National Economy, the Alpine Environments of Austria and the Need for Local Action. Proceedings of "Snow and Climate" Conference, Geneva Sept. 1994

**Breiling M.** (1993). Klimaveränderung, Wintertourismus und Umwelt, Proceedings Envirotour 1993, Wien, Internationale Gesellschaft für Umweltschutz

**Breiling, M.** (1993). Die zukünftige Umwelt- und Wirtschaftssituation peripherer alpiner Gebiete. Dissertation, Inst. f. Landschaftsgestaltung, Universität für Bodenkultur, Wien.

**Breiling, M.** (1992). Österreichs Tourismus der Zukunft - absehbare Umweltprobleme und deren mögliche Kosten. ed. kraftWerk Umwelt-Tourismus-Verkehr, Velden.

**Breiling, M. and P. Charamza** (1992). Localizing the threats due to changing climates - an interdisciplinary approach based on a local model of Hermagor district in the Eastern Alps. Conference: Mountain Environments in Changing Climates, Davos, forthcoming Routledge June 1994.

**Cubasch et. al** (1991); Time dependent greenhouse warming concentrations - with a coupled ocean-atmospheric model. Report 76, Max Planck Institut. Hamburg.

**CIPRA**, Internationale Alpenschutzkomision (1990). Der Treibhauseffekt und seine möglichen Auswirkungen auf die Alpen. CIPRA-Info. 2.

**Döös, B.** (1991). Environmental issues requiring international action. International Institute of Applied Systems Analysis.

**Föhn, P. M. B.** (1989). Climatic change, snowcover and avalanches. Alpine Area Workshop, Lunteren, The Netherlands,

---

**Gordon, H. B., P. H. Whetton, A.B. Pittock, A.M. Fowler, M.R. Hazlock CSIRO** (1992). „Simulated changes in rainfall intensity due to the enhanced greenhouse effect: implications for extreme rainfall events.“ *Climate Dynamics* 7(133): 1-20.

**Greif, F.** (1987). Wintersporteinrichtungen und ihre Auswirkungen auf die Land- und Forstwirtschaft. Bundesanstalt für agrarwissenschaftliche Forschung, Wien.

**Hinterstoisser** (1981). Waldbauliche Auswirkungen der Standard und Trasskiabfahrt auf der Schmittenhöhe (Zell am See). Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur, Wien.

**Jäger, J. and R. G. Barry** (1990). *Climate. The earth as transformed by human action: global and regional changes in the biosphere.* Cambridge, Massachusetts.

**Jonas M., A.V. Ganopolski, J. Krabec, K. Olendrzynski, V.K.Petoukov** (1993). A set of climate models for integrated modelling of climate change impacts. IIASA WP-390-58, Laxenburg.

**Körner, C., G. Wieser, et al.** (1989). Der Wasserhaushalt waldfreier Gebiete in den österreichischen Alpen zwischen 600 und 2.600m Höhe. Struktur und Funktion der Graslandökosysteme im Nationalpark Hohe Tauern. Innsbruck.

**Meadows, D. H., D.L. Meadows, et al.** (1992). *Die neuen Grenzen des Wachstums.* Stuttgart,

**Nilsson, S. and D. Pitt** (1991). „Mountain world in danger: climate change in the forests and mountains of Europe.“ London.

**Ofner,** (1981). Veränderungen der Abflußverhältnisse durch den Pistenbau. Grundlagen der

Wildbach und Lawinenverbauung. Universität für Bodenkultur, Wien.

**ÖROK, Österreichische Raumordnungskonferenz** (1985). „Internationale und nationale Trends im Tourismus - Rahmenbedingungen für die Fremdenverkehrsentwicklung.“

**ÖROK, Österreichische Raumordnungskonferenz.** (1988). Raumordnung und umfassender Bodenschutz.

**Österreichische Akademie der Wissenschaften** (1992). *Anthropogene Klimaänderungen.*

**Österreich-Werbung** (1993). *Tourismus in Zahlen 1989-1992.* Österreich Werbung Marktforschung.

**Parsons, P. A.** (1989). „Conservation and global warming: a problem in adaptation to biological stress.“ *Ambio* 18(6): 322-325.

**WMO, World Meteorological Organization and UNEP United Nations**

---

Environment Program (1990). Climate change: the IPCC impacts assessment. Chapter: Agriculture and forestry; potential impacts on agriculture and land use. Chapter: Seasonal snow cover, ice and permafrost. Canberra, Australia

**WMO**, World Metereological Organization and UNEP United Nations

2 **Environment Program** (1992). IPCC Supplement. Geneva.

---