

Band 2 Kapitel 1: Zur Kopplung zwischen Treiber- und Reaktionssystemen sowie zur Bewertung von Folgen des Klimawandels

Volume 2 Chapter 1: On Coupling of Driver and Response Systems and on Evaluating Consequences of Climate Change

Koordinierende Leitautoren

Johann Stötter, Herbert Formayer, Franz Pretenthaler

LeitautorInnen

Martin Coy, Matthias Monreal, Ulrike Tappeiner

Für den Begutachtungsprozess

Andrea Prutsch

Inhalt

ZUSAMMENFASSUNG	384
SUMMARY	384
KERNAUSSAGEN	384
1.1 Einleitung	387
1.2 Sphärenkonzept als Gliederungsprinzip	388
1.3 Globales System Erde	390
1.4 Überwindung der Mensch-Umwelt Dichotomie	392
1.4.1 Risikoforschung	393
1.4.2 Humanökologie – Soziale Ökologien	394
1.4.3 Sustainability Science	395
1.5 Parameter zur Kopplung	395
1.5.1 Vulnerabilität	395
1.5.2 Resilienz	396
1.5.3 Kapazitäten	397
1.6 Anpassungsfähigkeit	398
1.7 Kopplung globale Treibersysteme – regionale Reaktionssysteme	399
1.8 Bewertungskonzepte	401
1.8.1 Genereller Überblick	401
1.8.2 Ökosystemleistungen	402
1.9 Forschungsbedarf	404
1.10 Literaturverzeichnis	404

ZUSAMMENFASSUNG

Im System Erde sind Mensch/Gesellschaft und Umwelt untrennbar miteinander verbunden – das System Erde ist deshalb als Mensch-Umwelt-System zu betrachten. Im Hinblick auf den Klimawandel spielt der Mensch sowohl die Rolle des Agierenden als auch des Reagierenden, wobei sich die Folgen des Globalen Klimawandels auf der regionalen/lokalen Ebene direkt und indirekt auf das Mensch-Umwelt-System auswirken. Zum einen ist die Gesellschaft direkt betroffen (z. B. Hitzestress), zum anderen laufen die Folgewirkungen indirekt über klimabedingte Veränderungen in den Natursystemen und deren Auswirkung auf die Gesellschaft ab.

Dem Verständnis der generellen Kopplung zwischen dem Menschen/der Gesellschaft und dem natürlichen System kommt deshalb zentrale Bedeutung zu. Von gleicher Wichtigkeit ist aber das Wissen über die Schnittstellen zwischen der Maßstabebene des globalen Klimawandels als Treiber/Impulsgeber und den Reaktionen in lokaler oder regionaler Dimension. Hierbei ist zu bedenken, dass beim Klimawandel Ort und Zeit der Reaktion in der Regel nicht mit Ort und Zeit des Impulses übereinstimmen.

Die Kopplung zwischen Mensch und Umwelt bzw. Mensch und Natur wird anhand theoretischer Konzepte diskutiert. Hierbei werden die Überlegungen zur Risikoforschung, zur Humanökologie und zu verschiedenen Ansätzen der Sozialen Ökologie sowie das Konzept der „Sustainability Science“ dargestellt. Hinsichtlich der Kopplung zwischen Impuls des globalen Klimawandels und den Folgeerscheinungen auf regionaler oder lokaler Ebene werden die Vulnerabilität, Resilienz und Kapazität als Parameter diskutiert, die in unterschiedlicher Weise die Anpassung des reagierenden Systems beeinflussen bzw. steuern.

Im Band 2 werden die Auswirkungen des Klimawandels anhand eines Sphärenkonzepts gegliedert. Auf der Seite des natürlichen Subsystems werden die Hydrosphäre, Biosphäre, Reliefsphäre und Pedosphäre betrachtet, denen auf der gesellschaftlichen Seite die Anthroposphäre gegenüber steht. Hier werden explizit die Themenfelder Gesundheit, Soziales, Ökonomie, Tourismus, Naturgefahren, Siedlung und Infrastruktur behandelt. Die Folgen des Klimawandels auf die Natursphären werden analysiert, qualitativ und, soweit möglich, auch quantitativ dargestellt und im Hinblick auf ihre Bedeutung für die Gesellschaft bewertet. Hierzu findet das Konzept der Ökosystemdienstleistungen Anwendung. Dabei wird zwischen Versorgungsleistungen, Regulierungsleistungen, kulturellen Leistungen sowie Unterstützungs- und Basisleistungen differenziert.

SUMMARY

Human society and the natural environment are inextricably linked within the Earth System – it must therefore be conceived as the human-environment system. Humans take on a twofold role in the context of climate change: as an agent of change and as a subject of this change. The impacts of global climate change unfold directly on a local and regional level and indirectly affect the human-environment system as a whole. On the one hand, society is directly impacted (e.g. heat waves), while on the other hand climate induced changes in the natural environment impact society indirectly.

A thorough understanding of the coupling of human society and the natural system and its interlinkages and complex feedbacks is therefore pivotal. At the same time it is of equal importance to understand the interfaces where climate change as global driver has significant impacts at local and regional levels. It is crucial to keep in mind that the location and timing of climate impulses are often decoupled from location and timing of the precipitating impacts.

Various theoretical approaches to the linkage between human society and natural environmental systems have been put forward. Risk research, human ecology and approaches from social-ecology and sustainability science are discussed in some detail. The coupling of global climate change impulses and its effect at the regional and local level can be understood within the concepts of vulnerability, resilience and capacity. These attributes of the human-environment system lend themselves not only to describe, but also to take, influence and steer the reacting system in various ways.

In Volume 2 the impacts of climate change are captured on the basis of a concept of spheres. The natural sub-system is made up of hydrosphere, biosphere, relief sphere and pedosphere. These are juxtaposed with the anthroposphere. Particular attention is given to the thematic fields: health, society, economy, tourism, natural hazards, settlement and infrastructure. The impacts of climate change on the natural spheres are qualitatively, where possible quantitatively, analysed with respect to their impact on society. Here the concept of ecosystem services finds application. Utility, regulating, cultural, supporting and basis services are differentiated.

KERNAUSSAGEN

- Im System Erde sind Mensch/Gesellschaft und Umwelt untrennbar miteinander verbunden, das System Erde ist deshalb als Mensch-Umwelt-System zu betrachten. Folglich muss eine sektorale Betrachtung von Folgen des Kli-

mawandels im Natursystem immer im Kontext der Gesellschaft erfolgen.

- Im Hinblick auf den Klimawandel spielt der Mensch sowohl die Rolle des Agierenden als auch des Reagierenden, wobei sich die Folgen des Globalen Klimawandels auf der regionalen / lokalen Ebene direkt und indirekt auf das Mensch-Umwelt-System auswirken. Zum einen wird die Gesellschaft direkt betroffen, zum anderen laufen die Folgewirkungen indirekt über klimabedingte Veränderungen in den Natursystemen und deren Auswirkung auf die Gesellschaft ab.
- Dem Verständnis der generellen Kopplung zwischen dem Menschen/der Gesellschaft und dem natürlichen System kommt deshalb zentrale Bedeutung zu. Von gleicher

Wichtigkeit ist aber das Wissen über die Schnittstellen zwischen der Maßstabsebene des globalen Klimawandels als Treiber / Impulsgeber und den Reaktionen in lokaler oder regionaler Dimension.

- Hierbei ist zu bedenken, dass beim Klimawandel Ort und Zeit der Reaktion in der Regel nicht mit Ort und Zeit des Impulses übereinstimmen.
- Das Konzept der Ökosystemdienstleistungen ermöglicht es, die Folgen des Klimawandels auf die Natursphären im Hinblick auf ihre Bedeutung für die Gesellschaft zu bewerten. Dabei wird zwischen Versorgungsleistungen, Regulierungsleistungen, kulturellen Leistungen sowie Unterstützungs- und Basisleistungen differenziert.

Box 1.1: Glossar der Schlüsselbegriffe

Box 1.1: Glossary of key terms

Anpassung

Strategien und Maßnahmen, um die Empfindlichkeit natürlicher und gesellschaftlicher Systeme gegenüber tatsächlichen oder erwarteten Auswirkungen der Klimaänderung zu verringern. Es können verschiedene Arten von Anpassungen unterschieden werden: autonome / spontane vs. geplante, vorausschauende / proaktive vs. reaktive, private vs. öffentliche Anpassung.

Anpassungsfähigkeit

Gesamtheit der regional unterschiedlichen Fähigkeiten, Ressourcen und Institutionen von Individuen oder Gruppen, von einem Land oder einer Region, sich mit wirksamen Maßnahmen an den Klimawandel anpassen zu können. In der Anpassungsfähigkeit spielen Vulnerabilität, Resilienz und Kapazität zusammen.

Anthroposphäre

Im Sphärenkonzept für das System Erde steht die Anthroposphäre der Natursphäre / den Natursphären gegenüber. Die Anthroposphäre umfasst alle Prozesse menschlichen Lebens (z. B. Grunddaseinsfunktionen, wie Ernährung, Wohnen, Arbeiten, Kommunizieren) sowie dadurch geschaffenen Artefakte, wie etwa Siedlungen, Verkehrsinfrastruktur, Kulturlandschaften.

Anthropozän

Von Paul Crutzen und Eugene Stoermer in Diskussion gebrachte geochronologische Periode, in welcher der Mensch zum wichtigsten Einflussfaktor in natürlichen Prozesskreisläufen im System Erde geworden ist. Lokales und regionales Handeln des Menschen bewirken globale Folgen, z. B. den Klimawandel. Der Zeitraum fällt mit der Phase der Industrialisierung zusammen, die neben technologischen Entwicklungen vor allem auf der Inwertsetzung fossiler Energierohstoffe beruht.

Biosphäre

Natursphäre, die alle Formen tierischen und pflanzlichen Lebens und die damit verbundenen Lebensreaktionen umfasst.

Exposition

Die Exposition gibt an, wie weit das Mensch-Umwelt-System bestimmten Änderungen von Klimaparametern (z. B. Niederschlag, Temperatur etc.) ausgesetzt ist. Sie ist ein Maß für die regionale Ausprägung (Stärke, Geschwindigkeit, Zeitpunkt erwarteter Änderungen etc.) globaler Klimaänderungen.

Hydrosphäre

Natursphäre, die den Wasserkreislauf im System Erde umfasst. Wasser wird in seinen drei Zustandsphasen berücksichtigt: flüssig als Oberflächen- und unterirdisches Wasser, wie z. B. in Ozeanen, Meeren, Flüssen, Süßwasserseen, im Grundwasser; fest als Eis wie z. B. in Gletschern, auf Seen und Meeren sowie als Schnee und in Permafrostkörpern; sowie gasförmig in Form von Wasserdampf.

Kapazität

Die Fähigkeit eines Individuums oder einer Gruppe, eines Gesellschafts- oder Umweltsystems, sowohl negative als auch positive Impulse aufzunehmen und auch in Richtung eines verbesserten Systemzustands weiter zu entwickeln. Die Kapazität ist damit von zentraler Bedeutung für die Anpassungsfähigkeit.

Kryosphäre

Natursphäre, die als Untereinheit der Hydrosphäre Wasser in gefrorenem Zustand zum Inhalt hat, wie z. B. Schnee, Gletscher, Eis auf Meeren und Seen sowie Permafrostkörper.

Lithosphäre

Natursphäre, welche die oberste Schicht der Erdkruste, sowohl auf Kontinenten als auch unter dem Ozean umfasst und alles Krustengestein und den kalten, meist elastischen Teil des obersten Erdmantels einschließt. Vulkanaktivität wird nicht als Teil des Klimasystems betrachtet, obwohl sie Teil der Lithosphäre ist, sondern als äußerer Antrieb.

Mensch-Umwelt-System

Die Erde ist heute (seit Beginn des Anthropozäns) ein Mensch-Umwelt-System, in dem die klassische Trennung zwischen Mensch und Natur nicht mehr gilt, da die Gesellschaft in vielfältiger Weise mit der Umwelt untrennbar verbunden ist. In Bezug auf den Klimawandel wird dies durch die wechselhafte Rolle des Menschen als Verursacher und Betroffener zum Ausdruck gebracht.

Natur

Durch Naturgesetze bestimmte Welt, die bis zur Neolithischen Revolution (Sesshaftwerdung des Menschen) das System Erde bestimmte. Natur steht in den dualen Weltmodellen im Gegensatz zum Menschen bzw. zur Kultur.

Natursystem

Alle klassischen Natursphären (Litho-, Atmo-, Hydro- und Biosphäre) im System Erde umfassend. Das System Erde war bis zur Neolithischen Revolution (Sesshaftwerden des Menschen, Beginn der Landwirtschaft) ein reines Natursystem.

Ökosystemleistungen (auch Ökosystemdienstleistungen)

Das Konzept der Ökosystemleistungen dient dazu, den Nutzen ökologischer Systeme für die Gesellschaft im lokalen und regionalen Betrachtungsmaßstab zu bewerten. Im Kontext des Klimawandels wird das Konzept für die Bewertung positiver und negativer Folgen des Klimawandels in den Natursphären herangezogen.

Dabei wird zwischen Versorgungsleistungen (Güter, die direkt aus Ökosystemen entnommen werden), Regulierungsleistungen (z. B. Abschwächung von Extremereignissen durch Wasserrückhaltevermögen), kulturellen Leistungen (z. B. Erholung, Erleben und Bildung in der Natur) sowie Unterstützungs- oder Basisleistungen (z. B. Photosynthese, Stoffkreisläufe, Bodenbildung) unterschieden.

Pedosphäre

Die Pedosphäre umfasst das Subsystem der Böden. Sie entsteht aus der Schnittmenge der klassischen Natursphären Litho-, Atmo-, Hydro- und Biosphäre im oberflächennahen Bereich der Lithosphäre.

Reaktionsszeit

Zeitraum, der vergeht, bis die Folgen des von einem Treiber ausgehenden Impulses im Reaktionssystem sichtbar werden.

Resilienz

Die Fähigkeit eines Gesellschafts- oder Umweltsystems, Störungen aufzunehmen und gleichzeitig dieselbe Grundstruktur und Funktionsweisen zu bewahren, die Kapazität zur Selbstorganisation sowie die Kapazität, sich an Stress und Veränderungen anzupassen.

Risiko

Risiko ist ein Konzept zum Ausdruck für die Unsicherheit zukünftiger Entwicklungen. Der Begriff Risiko wird zwar in natur- und sozialwissenschaftlichen Disziplinen unterschiedlich definiert, aber allen ist der Fokus auf das mögliche Eintreten von Ereignissen mit negativen Folgen gemein.

Im Zuge der Auseinandersetzung mit Globalem Wandel generell und Klimawandel speziell muss Risiko jedoch im Sinne eines offenen Konzepts verstanden werden, das neben den potentiell negativen auch mögliche positive Entwicklungen, im Sinne von Chancen, betrachtet. Das Risiko wird oft als Produkt aus Eintrittswahrscheinlichkeit eines Ereignisses und dessen Konsequenz dargestellt.

System

Ein System ist eine räumliche und/oder funktionale Einheit, in der Elemente so miteinander in Wechselwirkung stehen, dass sie sich strukturell gegenüber der sie umgebenden Umwelt abgrenzen (siehe als Beispiel Einzugsgebiet).

Umwelt

Umwelt umfasst die materielle Welt im Gegensatz zur geistigen Welt des Menschen. Dabei ist Umwelt keinesfalls als Synonymbegriff für Natur zu verstehen, sondern steht für beides, die Umwelt der Naturraumsphären sowie die vom Menschen geschaffene Umwelt.

Vulnerabilität (Verletzlichkeit)

Vulnerabilität drückt den Grad aus, in dem ein System gegenüber den negativen Folgeerscheinungen eines Impulses empfänglich ist. Im Falle des Klimawandels ist es die Anfälligkeit gegenüber negativen Folgen veränderter Klimabedingungen (Mittelwerte, Variabilität, Extremwerte).

1.1 Einleitung

1.1 Introduction

Band 2 des AAR14 (Austrian Assessment Report 2014) befasst sich mit den regionalen und lokalen Folgeerscheinungen (impacts) des Globalen Klimawandels. Die Inhalte bzw. Erkenntnisse sind eine grundlegende Voraussetzung für alle Anpassungsstrategien (vgl. Band 3). Innerhalb von Band 2 gibt Kapitel 1 einen Überblick über wesentliche theoretisch-konzeptionelle Grundlagen, die bei der Betrachtung von Fol-

geerscheinungen des Klimawandels wichtig sind. Ausgehend von Überlegungen zum Sphärenkonzept, das als ordnendes Schema für die Kopplung zwischen Treiber- und Reaktionssystemen zur Gliederung von Band 2 herangezogen wird (Abschnitt 1.2), folgt eine Diskussion zum Planeten Erde als ein Mensch-Umwelt-System sowohl aus theoretischer als auch aus forschungspolitischer Sicht (Abschnitt 1.3). Für das Verständnis der durch die Prozesse des Klimawandels induzierten Folgeerscheinungen sind drei Schnittstellen wesentlich, die in den folgenden Kapiteln behandelt werden:

1. Schnittstelle zwischen Natursystem und gesellschaftlichem System

Im Sinne des zugrunde gelegten Systemansatzes muss die Erde als ein Mensch-Umwelt-System verstanden werden. Dies gilt sowohl im globalen Betrachtungsmaßstab der Treiberebene als auch in den regionalen bzw. lokalen Skalen der Reaktionssysteme. Bei der hierzu nötigen Integration zum hybriden Mensch-Umwelt-System muss der klassische Dualismus zwischen Natur/Materie und Mensch/Geist überwunden werden. Neben der Diskussion allgemeiner Konzepte und zu Grunde liegender Weltanschauungen werden konkrete Schlüsselparameter hinterfragt, welche die Überwindung dieser Dichotomie und damit die Verbindung zu einem Mensch-Umwelt-System ermöglichen (Abschnitt 1.4).

2. Schnittstelle zwischen Treiber- und Reaktionssystem bzw. zwischen Impuls und Reaktion

Neben der rein inhaltlichen Kopplung zwischen Treiber- und Reaktionssystemen muss auch die zeitliche und räumliche Verbindung zwischen Impuls und Reaktion hinterfragt werden. In den komplexen Systemzusammenhängen des Klimawandels sind Ort und Zeit des Impulses oftmals nicht mit Ort und Zeit der Reaktionen übereinstimmend, so dass hierbei Übergänge in Raum- und Zeitmaßstäben berücksichtigt werden müssen (Abschnitt 1.5 und 1.6).

3. Schnittstelle zwischen Maßstabsebenen

Mit dem Übergang zwischen der Treiberebene des globalen Klimawandels bzw. seinen regional differenzierten Ausprägungen und regionalen/lokalen Dimensionen der Reaktionssysteme in den einzelnen Sphären sind räumliche Maßstabssprünge verbunden. In einem einfachen Beziehungsgeflecht zwischen Aktion und Reaktion werden diese durch downscaling-Verfahren abgebildet. In einem komplexeren Systemverständnis müssen durch Rückkopplungen aber auch upscaling-Prozesse berücksichtigt werden.

Neben der reinen Darstellung und Analyse der Folgeerscheinungen des Klimawandels hat deren Bewertung eine wesentliche Bedeutung. Erst die Betrachtung des Systems Erde aus dem Blickwinkel der Mensch-Umwelt-Interaktion erlaubt diesen Bewertungsschritt, da Wandel in reinen Natursystemen als einzige Konstante gesehen werden muss und damit per se vollkommen wertneutral ist. Das für die Bewertung der Folgen des Klimawandels in diesem Band angewandte Konzept der Ökosystemdienstleistungen bietet gute Möglichkeiten zur Verknüpfung zwischen Gesellschaft und Umwelt und stellt ein Instrument für nachvollziehbare Wertzuweisungen dar (Abschnitt 1.8).

1.2 Sphärenkonzept als Gliederungsprinzip

1.2 Concept of a sperical earth as structural principle

Der Kopplung zwischen Treiber- und Reaktionssystemen wird ein erweitertes geowissenschaftlich-geographisches Sphärenkonzept (vgl. Sintubin, 2008) zugrunde gelegt, das auch als ordnendes Schema für die Gliederung von Band 2 Anwendung findet.

Erste Überlegungen zur Unterteilung der Erde in Sphären lassen sich im Kontext der Diskussion um die Gestalt der Erde bis in die Antike zurückverfolgen (z. B. Dicks, 1970). Primär lassen sich dabei vier Sphären unterscheiden, die den Grundelementen der Natur entsprechen und als Geoökofaktoren im System Erde zusammenwirken: Luft – Atmosphäre, Wasser – Hydrosphäre, Gestein – Lithosphäre und Leben – Biosphäre (einem Gedanken von Hutton, 1785 folgend und von Suess, 1875 erstmals formuliert). Neben diesen klassischen Sphären des Natursystems werden in den Naturwissenschaften teilweise weitere Sphären als Subeinheiten (Kryosphäre als Teil der Hydrosphäre und Reliefsphäre als Teil der Lithosphäre; siehe Büdel, 1969) oder Sphären, die durch ein komplexes Zusammenwirken gekennzeichnet sind (Pedosphäre), thematisiert. Im 20. Jahrhundert wurde das Sphärenkonzept immer wieder intensiv diskutiert, so im Zuge der Diskussion um einen biotischen (z. B. Teilhard De Chardin, 1956) oder ökologischen Biosphärenbegriff (z. B. Hutchinson, 1970), oder im Zuge der Diskussionen zum Landschaftsbegriff (z. B. Carol, 1956; Neef, 1963; Uhlig 1971; siehe auch Leser, 2005). Heute findet das Sphärenkonzept u. a. in internationalen Forschungsprogrammen Anwendung (z. B. IGBP – International Geosphere-Biosphere Programme).

Entsprechend der klassischen Dichotomie zwischen Natur und Mensch/Gesellschaft steht den Natursphären die Anthroposphäre gegenüber (siehe z. B. beim Syndromansatz des WBGU, 1996). Im Hinblick auf den steuernden Einfluss des Klimas wird im Band 2 auf Seite des Natursystems zwischen Hydrosphäre (Kapitel 2), Biosphäre (Kapitel 3), Reliefsphäre (Kapitel 4) und Pedosphäre (Kapitel 5) unterschieden. Die gesellschaftliche Seite wird in Kapitel 6 (Anthroposphäre) vorgestellt, in dessen Rahmen die Aspekte Gesundheit, Soziales, Ökonomie, Tourismus, Naturgefahren, Raumplanung sowie Infrastruktur differenziert angesprochen werden (Abbildung 1.1).

Die Kopplung zwischen den primären Folgen des Klimawandels auf die Natursphären und den daraus resultierenden sekundären Auswirkungen auf die Gesellschaft wird im Band 2 durch die Funktion von Ökosystemdienstleistungen hergestellt. In Band 3 wird der Umgang mit Ursachen (Mitigation) und

Folgen (Adaptation) des Klimawandels thematisiert. Dabei werden neben allen gesellschaftlichen Teilbereichen auch Aspekte der Hydro- und Biosphären diskutiert (siehe Abbildung 1.1).

Der Atmosphäre kommt im Zuge des globalen Klimawandels eine Sonderstellung zu. Aufgrund des anthropogen verursachten Treibhauseffekts nimmt sie die Rolle des Treiber-systems oder eines Katalysatorsystems – wenn man die Aktivitäten in der Anthroposphäre als Ausgangspunkt betrachtet – ein, das sich auf alle anderen Natursphären sowie die Gesellschaft auswirkt, so dass diese zu Reaktionssystemen werden. Die Kopplung bzw. die klimatische Treiberwirkung zwischen der Atmosphäre und den anderen Natursphären erfolgt entweder direkt oder indirekt; gleiches gilt auch für die Rückkopplungen, durch die diese ihrerseits ebenfalls unmittelbar oder mittelbar auf das Klimasystem einwirken. In den Reaktionssystemen wird der Einfluss des Klimawandels in als Indikatoren wirkenden raumbezogenen Elementen oder Prozessen oft dadurch erkennbar, dass sicht-, mess- oder modellierbare Zustandsänderungen die Umgestaltung des Systems anzeigen (Stötter, 1994). Im soziokulturellen Kontext sind die Einflüsse des Klimawandels (z. B. Werte- und Wahrnehmungswandel) auf Grund ihres qualitativen Charakters oft nur schwer und mitunter nicht mit klassischen wissenschaftlichen Methoden nachvollziehbar. Durch die vielfältigen Rückkopplungen zwischen dem soziokulturellen Subsystem, das simultan als verursachende, betroffene und potentiell regulierende Instanz wirksam sein kann und den anderen Teilsystemen sind gerade diese schwierig fassbaren und kaum quantifizierbaren Einflüsse von großer Bedeutung.

Aus ökologischer Sicht eignen sich Elemente oder Prozesse dann besonders gut als Klimaindikatoren, wenn ihr Verhalten eng vom Klima abhängig ist bzw. es sich mit sich verändernden Energie- und Materieflüssen relevanter Klimatelemente korrelieren lässt. Indikatoren für den Klimawandel können also Landschaftselemente im Sinne von Bobek und Schmitzhüsen (1949) sein, die entweder als Gesamtheit Veränderungen des Landschaftssystems anzeigen oder einzelne mess- oder modellierbare Parameter, die das klimaabhängige Verhalten eines Landschaftselementes widerspiegeln und es damit quantifizierbar machen. Am Beispiel der Kryosphäre lässt sich der Zusammenhang zwischen Natursphäre und Elementen sowie Parametern aufzeigen, die eine qualitative und quantitative Erfassung der Folgen des Klimawandels ermöglichen (vgl. Tabelle 1.1). Am Beispiel der Hochgebirgskryosphäre lassen sich auch die unterschiedlichen Kopplungen zwischen Klimawandel und den reagierenden Systemelementen gut darstellen. Aufgrund der direkten Abhängigkeit von der Art und Menge des Niederschlags sowie den atmosphärischen Energieflüssen reagiert beispielsweise die Schneedecke sehr kurzfristig und unmittelbar. Reaktions- und Anpassungszeit der saisonalen Schneedecke liegen in der Dimension von Stunden bis Monaten. Gänzlich anders stellt sich die Kopplung zwischen Klimawandel und der Reaktion von Permafrost dar. Zum einen ist der Permafrostkörper ein träger Energiespeicher („Kältespeicher“), zum anderen erfolgt die Energieübertragung zwischen Atmosphäre und Permafrost indirekt über ein System komplexer Energieflüsse, an denen Lithosphären-, Atmosphären- und Hydrosphärenprozesse beteiligt sind. Entsprechend



Abbildung 1.1 Zusammenwirken der in Band 2 und 3 behandelten Natur- und Anthroposphäre(n)

Figure 1.1 Interaction of natural spheres and anthroposphere discussed in volumes 2 and 3

liegen die zeitlichen Dimensionen der Reaktionszeit im Bereich von Jahren bis Jahrzehnten und der Anpassungszeit im Bereich von mehreren Jahrzehnten bis zu Jahrhunderten, vielleicht sogar einem Jahrtausend (Haeberli, 1990). Für die natürlichen Systeme gilt in der Regel: Je weniger das Reaktionssystem direkt an das Treibersystem gekoppelt ist und je länger deshalb der Zeitraum zwischen dem beginnenden Impuls und der Reaktion bzw. Anpassung ist, umso schwieriger ist die eindeutige kausale Zuordnung bzw. Einordnung von Veränderungen als Folgen des globalen Klimawandels. Bei soziokulturellen Systemen muss eine indirekte Kopplung nicht zwangsläufig eine längere Reaktionszeit mit sich bringen. Da hier die Kopplungen oftmals sehr komplex und auch diffus erfolgen, können – z. B. durch Medienberichte oder andere Diskursformen verursacht – die gesellschaftlichen Reaktionen auf den Impuls des Klimawandels sogar dem „natürlichen“ Eintreten der Reaktion vorausgehen.

Erst die Gesamtheit aller durch entsprechende Indikatoren (Landschaftselemente bzw. Parameter) repräsentierten Natursphären erlaubt es, die Auswirkungen des globalen Klimawandels auf einen Raum und die daraus resultierenden Folgeerscheinungen für die Anthroposphäre darzustellen (Stötter, 1994). Dabei gilt zu beachten, dass die Folgeerscheinungen für die Anthroposphäre entweder direkt kausal mit den veränderten Natursystemen (bzw. deren Indikatoren) in einem Wirkungszusammenhang stehen können oder aber einem interpretativen Prozess unterliegen, der durch ein reines Verständnis der natürlichen Indikatoren nicht nachvollziehbar ist.

Die Kopplung zwischen dem Treibersystem und den Reaktionssystemen wird durch eine Reihe von Schnittstellen charakterisiert (Abbildung 1.2).

1.3 Globales System Erde

1.3 Global Earth System

Die Erkenntnis, den Planeten Erde als ein System zu betrachten, erfuhr durch die Verbreitung der ersten, die gesamte Erde abbildenden Satellitenbilder in den 1960er Jahren einen starken Impuls. Damit einher gehen erste globale Betrachtungen zum System Erde und seinen Grenzen (z. B. Meadows et al., 1972; Barney, 1982). In weiterer Folge wurden, angeregt durch Organisationen wie ICSU (International Council for Science) und UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization) auch erste wissenschaftliche Programme (1980: World Climate Research Programm, 1987: International Geosphere-Biosphere Programme 1991: International Programme on Biodiversity) sowie Organisationen (1988: Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC) ins Leben gerufen, die eine umfassende Betrachtung des Systems Erde zum Inhalt haben. Das zugrundeliegende Verständnis sah die Erde als ein Natursystem, in dem den Menschen, wenn überhaupt, nur eine periphere Rolle zukam.

Aus heutiger Sicht wird das System Erde nicht mehr als ein reines Natursystem, sondern als ein Mensch-Umwelt-System verstanden, bei dessen Formung dem Menschen eine zentrale Rolle zukommt. Mit Beginn des Sesshaftwerdens des Menschen sowie der Einführung von Ackerbau und Viehzucht (neolithische Revolution) griff der Mensch als Akteur lokal und regional immer mehr in die Natursysteme ein und wirkte damit an ihrem Wandel mit. Es begann eine Zeit der Koexistenz von Mensch-Umwelt-Systemen neben noch reinen Natursystemen, wobei die Bedeutung der Mensch-Umwelt-Systeme langsam, aber stetig zunahm (vgl. Ehlers, 2008). Die Aktionen der Menschen und die Reaktionen des Systems lagen in dieser

Tabelle 1.1 Landschaftselemente und als Klimaindikatoren wirkende Parameter der Kryosphäre im Hochgebirge. Quelle: zusammengestellt nach Nye (1963); Paterson (1969); Jóhannesson (1985); Jóhannesson et al. (1989); Patzelt und Aellen (1990); Haeberli (1990, 1991); Stötter (1994)

Table 1.1 Environmental elements of high mountain regions and parameters of the cryosphere understood as climate indicators. Source: compiled after Nye (1963); Paterson (1969); Jóhannesson (1985); Jóhannesson et al. (1989); Patzelt and Aellen (1990); Haeberli (1990, 1991); Stötter (1994)

Landschaftssphäre	Klimaindikator		Kopplung	
Kryosphäre	Landschaftselement	Parameter	Reaktionszeit	Anpassungszeit
	Schnee	Schneegrenze Schneedeckendauer	h – d	d – mon
	Gletscher	Schneegrenze (Gleichgewichtslinie) Zungenlänge Volumen	$n 10^0 - n 10^1 a$	$n 10^0 - n 10^1 a$
	Permafrost	Verbreitung Untergrenze	$n 10^0 - n 10^1 a$	$n 10^1 - n 10^3 a$

Phase meist zeitlich und räumlich nahe zusammen, so dass der kausale Zusammenhang zwischen Impuls oder Ursache/Verursacher und Reaktion in der Regel deutlich erkennbar ist.

Seit Beginn der Industrialisierung hat diese Entwicklung eine zunehmende Beschleunigung erfahren, da durch die Inwertsetzung fossiler Energierohstoffe die Gestaltungsmöglichkeiten durch den Menschen neue Dimensionen erreichten und schließlich auch eine demographische Entwicklung einleiteten, die in der aktuellen Weltbevölkerung von seit 2011 über sieben Milliarden vorläufig gipfelten. Die Umgestaltung des Systems Erde ist inzwischen so weit voran geschritten, dass es mit wenigen Ausnahmen kaum noch Systeme gibt, die von menschlichen Aktivitäten nicht beeinflusst sind. Diese globale Wirksamkeit des menschlichen Handelns hat Crutzen und Stoermer (2000) dazu veranlasst, den Begriff Anthropozän vorzuschlagen, dessen Anerkennung als neue geologische Epoche inzwischen intensiv diskutiert wird (Zalasiewicz et al., 2011). Als Konsequenz muss das System Erde heute als Mensch-Umwelt-System betrachtet werden, eine Erkenntnis, die gleichermaßen im größeren Maßstab als auch auf regiona-

ler und lokaler Ebene gilt. In allen Betrachtungsskalen sind diese Mensch-Umwelt-Systeme als offene Systeme zu verstehen, die mit ihrer Umgebung durch einen immer schnelleren Austausch von Materie, Energie und Information kommunizieren.

Dieser Erkenntnis wird auch dadurch Rechnung getragen, dass inzwischen die Ausrichtung der globalen Forschungsinitiativen den Menschen als gestaltenden Akteur berücksichtigen (z. B. 1996: International Human Dimension Programme on Global Environmental Change). Explizit wird dies durch die Amsterdam Declaration in der Gründung der „Earth System Science Partnership“ im Jahr 2001 zum Ausdruck gebracht. Als eine nahtlose Fortsetzung dieser Entwicklung kann auch das United Nations International Year of Planet Earth (2007 bis 2009) gesehen werden, in dessen Rahmen auch gesellschaftliche Themenfelder, wie z. B. Gesundheit oder Megacities, adressiert wurden (Woodfork und de Mulder, 2011).

Im Jahr 2011 wurde vom ICSU (International Council for Science) die neue Initiative „Future Earth: New global platform for sustainability research“ ins Leben gerufen, die innerhalb eines 10-Jahres-Programms Antworten auf die Folger-

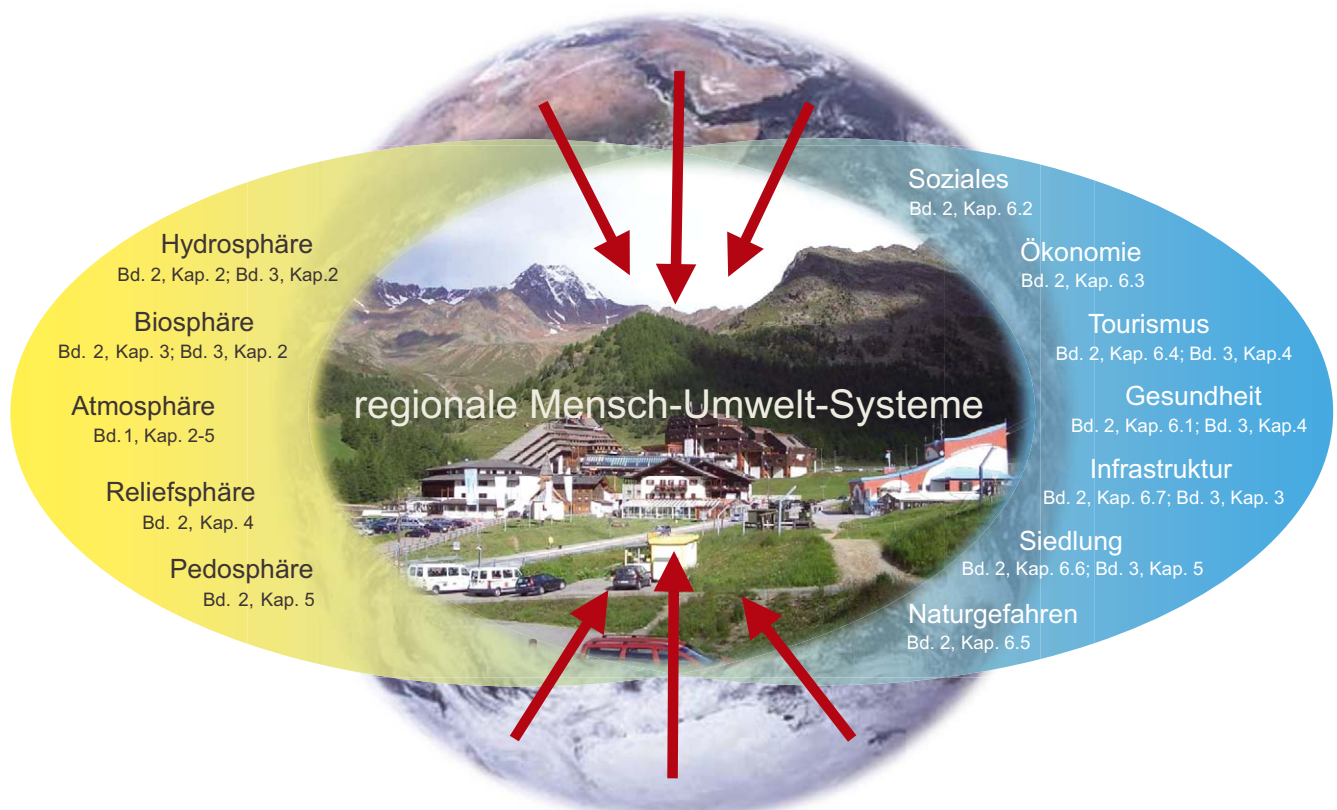


Abbildung 1.2 Schnittstellen zwischen globalem Treibersystem und lokalen/regionalen Mensch-Umwelt-Systemen als Reaktionssystem zwischen Natur- und Anthroposphäre

Figure 1.2 Interfaces between global driver system und local/regional human-environment systems as response systems between natural spheres and anthroposphere

scheinungen des globalen Umweltwandels hervorbringen soll, um eine Transformation der Gesellschaft in Richtung Nachhaltigkeit zu ermöglichen.

In der politischen Sphäre schlägt sich das verstärkte Bewusstsein für die Problematik globaler Zusammenhänge und für die notwendige Suche nach Lösungsansätzen seit geraumer Zeit in der Arbeit verschiedener „Weltkommissionen“ sowie im „Marathon“ der Weltkonferenzen der letzten Jahrzehnte nieder (z. B. 1992: United Nations Conference on Environment and Development, Rio de Janeiro; 2000: Millennium Summit, New York; 2002: World Summit on Sustainable Development (Rio+10), Johannesburg; 2012: United Nations Conference on Sustainable Development (Rio+20), Rio de Janeiro).

1.4 Überwindung der Mensch-Umwelt Dichotomie

1.4 Overcoming the human vs. environment dichotomy

Seit dem Altertum ist das Verhältnis zwischen Mensch und Natur eine zentrale Frage philosophischer Diskussionen und wurde demzufolge immer wieder thematisiert. In der Moderne standen dabei Ansätze im Vordergrund, die den dichotomen Charakter dieser Beziehung zum Inhalt hatten (z. B. Descartes, 1641: *res extensa vs. res cogitans*).

In zunehmendem Maße wird heute diese Trennung wieder hinterfragt. Diese neuerliche Wiederentdeckung des Zusammenkens von Natur und Kultur geht zum einen auf theoretische Überlegungen zurück (z. B. „hybride Netzwerke“ im Sinn der Actor Network Theory von Latour, 1998; „Zusammenhang zwischen Sinn und Materie“ nach Zierhofer, 2002; aber auch „Drei-Welten-Theorie“ von Popper, 1973), zum anderen auf die sehr pragmatische Erkenntnis, dass alle aktuellen globalen Problemfelder nur so verstanden und in Folge zielorientierte Lösungen nur so entwickelt werden können. Denn einerseits war es die Mensch-Umwelt-Dichotomie, welche den Siegeszug des Menschen als Hauptakteur des Wandels vorantreibt, andererseits ist es eben diese Entkopplung von Mensch und Natur, die zumindest teilweise einem nicht nachhaltigen Ressourcenverbrauch und der rücksichtslosen Ausbeutung der Natur zu Grunde liegt. In der Entwicklung einer globalen Perspektive zur Lösung globaler Probleme ist es also angebracht, auch nicht-eurozentrische Betrachtungsweisen des Zusammenhangs zwischen Menschen und Natur zu inkludieren.

Prinzipien des ganzheitlichen Nicht-getrennt-seins und ein auf Harmonie anstatt auf Konfrontation basierter Um-

gang mit dem Wandel sind z. B. im Hinduismus, Buddhismus und Daoismus tief verwurzelt. Peripher haben entsprechende philosophische Strömungen seit Beginn der erneuten systemischen Betrachtung von Mensch und Natur in den 1970er Jahren immer wieder Beachtung gefunden (z. B. „small is beautiful“, Schumacher, 1973). In Zukunft können prinzipielle Erkenntnisse außerhalb abendländisch geprägten Denkens auch in nicht-spirituellen Betrachtungsweisen durchaus an Bedeutung gewinnen und so wesentlich zu konzeptionellen Lösungsansätzen beitragen.

In Wissenschaft, Politik und Öffentlichkeit hat das Interesse an den globalen Herausforderungen in ökologischen, sozio-ökonomischen und politischen Zusammenhängen innerhalb des letzten Jahrzehnts stark zugenommen, zum Teil auch aus der Erkenntnis heraus, dass es sich hierbei um existentielle, für das Überleben der globalen Gesellschaft wichtige Fragen handelt (Ehlers, 2005, 2008). Die Komplexität globaler Veränderungen, die von den Prozessen im Naturhaushalt (z. B. Klimaveränderungen, Ressourcenverbrauch) über die wirtschaftlichen, sozialen und kulturellen Folgen der Globalisierung (z. B. „Triadisierung“ der Weltwirtschaft, Verschärfung der immer größeren Unterschiede zwischen GlobalisierungsgewinnerInnen und -verliererInnen, Konfliktzunahme) bis hin zu den sich verändernden politischen Rahmenbedingungen reichen (z. B. Auflösung der „Blockwelten“, Neoliberalismus, Veränderung politischer Akteurskonstellationen), erfordern neue, ganzheitliche Sichtweisen. Dies gilt sowohl bei der wissenschaftlichen Analyse der Hintergründe, Prozessabläufe und Folgewirkungen als auch bei der Suche nach langfristig wirksamen Lösungsansätzen sowie für einen entsprechend notwendigen Wertewandel (z. B. Kates et al., 2001; Gallopín, 2006; Becker und Jahn, 2006; WBGU, 2007).

Das Streben nach einer Wissenschaft, die das hybride Mensch-Umwelt-Verhältnis als zentrales Erkenntnisobjekt behandelt, hat in den letzten Jahren zu intensiven Diskussionen geführt. Das sich gegenseitige Bedingen der menschlichen und natürlichen Subsysteme bzw. deren Einfluss auf das Gesamtsystem stellt die Grundannahme neuer wissenschaftlicher Ansätze dar, wie „Coupled Human-Environment Systems“ (CHES) (Berkes et al., 2003) oder „Social Ecological Systems“ (SES) (Turner, 2010). Eine wesentliche Auseinandersetzung mit dieser Fragestellung erfolgt dabei innerhalb der Geographie (z. B. Weichhart, 2005), in der die integrative Betrachtung von natur- und gesellschaftswissenschaftlicher Seite seit dem 19. Jahrhundert verankert ist und wo heute auf der Basis einer stark theoriegeleiteten Diskussion nach neuen Schnittfeldern gesucht wird (z. B. Weichhart, 2003; Wardenga und Weichhart, 2007).

Wesentliche Ansätze, die an der Schnittstelle zwischen Mensch und Umwelt aktuell diskutiert und auf ihre Praxistauglichkeit hinterfragt werden, sind dabei:

- Risikoforschung
- Humanökologie
- Sustainability Science

1.4.1 Risikoforschung

Risikokonzepte besitzen ein hohes Maß an Integrationspotential, da sie intrinsische Aspekte gesellschaftlicher und natürlicher Systeme miteinander verbinden (z. B. Bohle und Glade, 2008; Veulliet et al., 2009).

Die Wurzeln der Risikobetrachtung lassen sich in den mittelalterlichen Mediterranraum zurück verfolgen, als Kaufleute die Begriffe „risco“ bzw. „risico“ zur Charakterisierung der mit dem Seehandel verbundenen Gefahren, aber auch der damit verbundenen Chancen verwendeten (Banse, 1996).

Seit den 1950er Jahren wird Risiko in unterschiedlichen Kontexten von verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen thematisiert (Fuchs et al., 2004). Dabei sind allen Anwendungen die Aspekte Zukunftsorientierung und Unsicherheit gemein. Heute lassen sich drei Hauptzugänge in der Risikoforschung unterscheiden (Dikau und Weichselgartner, 2005; Müller-Mahn, 2007; Renn et al., 2007).

Sehr früh setzte sich die wissenschaftliche Risikobetrachtung in einem technologischen Bereich, nämlich der Kernenergie, durch. Vor allem in den USA sind probabilistische Betrachtungen für Genehmigungsverfahren entscheidend, während sie in Europa zwar in der Planung und für Prioritätensetzungen bei Sicherheitsmaßnahmen herangezogen werden, wobei bei der Genehmigung aber deterministische Ansätze, unter Ausschluss eines sogenannten Restrisikos, dominieren. Natur- oder ingenieurwissenschaftliche Risikoansätze zielen vor allem auf die Analyse und Bewertung von Naturgefahrenprozessen ab, wobei der Frequenz-Magnituden-Beziehung eine zentrale Bedeutung zukommt. Mit ihren Untersuchungen zu kurzfristigen Überflutungen, deren Wahrnehmung und Bewertung sowie der Ableitung von Anpassungsmaßnahmen führten Kates (1962) und White (1964) das Risikokzept in die Naturgefahrenforschung ein. Auf Grundlage dieses Ansatzes, der physisch-geographische, sozialwissenschaftliche sowie wirtschaftliche Aspekte umfasst, wurde von Petak und Atkisson (1982) eine erste umfassende Studie zum Naturgefahrenrisiko durchgeführt. Inzwischen werden diese stark auf den Prozess orientierten Konzepte durch umfassendere, integrative Risikomanage-

mentstrategien abgelöst (Ammann, 2001; Stötter et al., 2002; Kienholz, 2003).

Wirtschaftswissenschaftliche bzw. durch das Versicherungswesen vorangetriebene Ansätze fokussieren vor allem auf die Risikobewertung und -monetarisierung (Leiter und Pruckner, 2008; Luechinger und Raschky, 2009; Pretenthaler et al., 2012). Das im Zuge versicherungsmathematischer Risikoberechnungen angewandte Konzept des sogenannten Value at Risk (VaR) hat sich dabei als universell einsetzbare Kenngröße erwiesen, da sie naturwissenschaftliche Wahrscheinlichkeitsberechnungen und ökonomische Größen miteinander kombiniert und somit ökonomische Klimarisiken unterschiedlicher Sektoren miteinander vergleichbar macht (Töglhofer et al., 2012).

Eine wichtige Rolle spielen auch die Grenzen bestehender Versicherungsinstrumente bei potentiellen extremen Schadensereignissen (Kunreuther, 2001; Kunreuther und Pauly, 2004; Thieken et al., 2006; Raschky und Weck-Hannemann, 2007). Theoretische Konzepte zur Monetarisierung alpiner Naturgefahrenschäden wurden von Altwegg (1988, 1989) und Wilhelm (1997, 1999) entwickelt und beispielsweise für Lawinen auf Gemeindeebene (Fuchs, 2004; Keiler, 2004) bzw. für Hochwässer regional (Raschky et al., 2008) umgesetzt.

Bei der sozialwissenschaftlichen Auseinandersetzung mit Risiko lässt sich keine einheitliche Theorie erkennen, die Ansätze kreisen zumeist um die Bereiche der Risikowahrnehmung, -akzeptanz und -kommunikation. Daneben fokussieren Untersuchungen auf die soziale Einbettung, die Entwicklung von Bewältigungsstrategien und in zunehmendem Maße auf Aspekte von Risikogovernance (risk governance). Neben einem formal-normativen Zugang, sind psychologisch-kognitive Ansätze sowie kulturell-soziologische Ansätze zu nennen (Kuhlmann, 1981; Fermers und Jungermann, 1992; Berg et al., 1994). Während in früheren Untersuchungen die für die individuelle Wahrnehmung bestimmenden Faktoren im Vordergrund standen (z. B. Mileti et al, 1975; Jungermann und Slovic, 1993; Banse und Bechmann, 1998), haben später Überlegungen zur kulturellen Konditionierung von Risikowahrnehmung und -akzeptanz an Bedeutung gewonnen (z. B. Nowotny, 1982; Vaughan und Nordenstam, 1991; Beck, 1992; Renn et al., 2007).

Gemäß der unleugbaren Tatsache, dass alle potentiellen zukünftigen Entwicklungen des Klimawandels und seiner Folgen zu einem hohen Grad durch Unsicherheit geprägt sind, können sie im Lichte eines Risikokonzepts bestens diskutiert werden. Da Risikoanalysen zum besseren Verständnis der Eintrittswahrscheinlichkeit und der Magnitude eines zu erwartenden Klimafolgenprozesses beitragen, sind sie wesentliche Voraussetzung für die Entwicklung und Umsetzung von

Anpassungsmaßnahmen. Es ist aber unbedingt zu berücksichtigen, dass es sich bei allen regionalen/lokalen Folgewirkungen des globalen Klimawandels auf Gesellschaft und Umwelt sowohl um positive als auch negative Konsequenzen handeln kann (Schneider et al., 2007, UNEP, 2007).

In diesem Sinn kann bei Forschungen zum Klimawandel Risiko als Ausdruck für die unsichere, offene Zukunft gesehen werden. Da dieses sowohl positive als auch negative Optionen für die Zukunft beinhaltet, muss der vorwiegend negativ konnotierte Risikobegriff durch ein neutrales Verständnis ersetzt werden, das Risiko sowohl für Chancen, die es in Wert zu setzen gilt (im Sinne von good risk), als auch im klassischen Sinne für negative Folgen anwendet, die es im Sinne von bad risk zu vermeiden gilt (Campbell und Vuolteenaho, 2003; Stötter und Coy, 2008). Zentral in der negativen, nur auf eine mögliche Verschlechterung fixierten Konnotation von Risiko ist auch eine generell ablehnende Haltung gegenüber Unsicherheit. Hier können auf Szenarien basierte Ansätze im Umgang mit einer ungewissen Zukunft richtungsweisend sein, wie sie zunächst im militärstrategischen, später im geschäftsstrategischen Bereich der Organisationsentwicklung und dem Change Management zum Einsatz kamen. Diese ermöglichen, unabhängig von der Eintrittswahrscheinlichkeit eines Ereignisses, eine Entwicklung optimaler Handlungskonsequenzen und emanzipieren AkteurInnen aus einer passiven Rolle heraus zu aktiven GestalterInnen ihrer Zukunft. Es überrascht daher nicht, dass Szenarienansätze sich angesichts der großen Unsicherheiten im Klimawandelkontext zunehmender Popularität erfreuen.

Die Verbindung zwischen dem beeinflussenden Prozess und dem exponierten System wird durch die Sensitivität gegenüber der Einwirkung bestimmt. In den meisten Risikokonzepten sind Vulnerabilität (z. B. Chambers, 1989; Hollenstein et al., 2002; Thielen et al., 2005) Resilienz (z. B. Holling, 1973; Walker et al., 2004; Bohle, 2007) und Kapazität jene Faktoren (Gallopín, 2006), welche die Dimension des Risikos und letztendlich die Anpassungsfähigkeit des Mensch-Umwelt-Systems steuern (siehe Abschnitt 1.6).

1.4.2 Humanökologie – Soziale Ökologien

Basierend auf den Arbeiten der Chicagoer Schule der Sozialökologie (Moore, 1920; Barrows, 1923), die eine sozialwissenschaftliche Neuinterpretation des Ökologiekonzepts durchführte, wurde in den 1920er Jahren das Konzept der Humanökologie als eine Disziplin entwickelt, die sich mit den Wirkungszusammenhängen und Interaktionen zwischen Gesellschaft, Mensch und Umwelt beschäftigt. Diese löste einen

Impuls zur Ökologisierung in vielen gesellschaftswissenschaftlichen Disziplinen aus (Weichhart, 1995; siehe Überblick bei Singh et al., 2013). Dieser Entwicklung lag zum einen das Streben vieler Einzelwissenschaften nach einer stärkeren ganzheitlichen Orientierung, zum anderen die Annahme einer höheren Problemlösungskompetenz zugrunde. Die wachsende Wahrnehmung globaler Umweltprobleme, im deutschsprachigen Raum teils durch Schwab (1958), global wohl durch Carson (1962) wegweisend stimuliert sowie die Entstehung von Naturschutzbewegungen führte in den 1960er und 1970er Jahren zur Etablierung der Humanökologie im Sinne eines disziplinübergreifenden Arbeitsgebiets (Young, 1974). In dem Bewusstsein, dass diese Umweltprobleme gesellschaftliche Probleme und nur durch die über Fachgrenzen hinausgehende Erforschung von Mensch-Umwelt-Interaktionen lösbar waren, kam es in Folge zur Gründung interdisziplinärer Organisationen, die quasi quer zu den traditionellen Fachdisziplinen ausgerichtet waren (z. B. 1969: Commonwealth Human Ecology Council; 1978: International Organization for Human Ecology; 1981: Society for Human Ecology).

Ein aktuelles theoretisches Konzept zur Überwindung der Dichotomie zwischen Natur und Gesellschaft wird durch das Modell der Gesellschaft-Umwelt-Beziehungen vorgestellt, das am Institut für Soziale Ökologie der Alpen-Adria Universität Klagenfurt entwickelt wurde (Fischer-Kowalski et al., 1997; Fischer-Kowalski und Weisz, 1999). Dabei werden im Zuge der Kolonisierung der materiellen Welt Artefakte gebildet und über den als gesellschaftlicher Metabolismus bezeichneten Energie- und Materieaustausch physisch-materielle Verbindungen zwischen der sinn- und kulturgeprägten Gesellschaft und Ökosystemen hergestellt. In engem Zusammenhang mit den Ansätzen dieser Schule sind auch frühere Diskussionen zur Interaktion und dem gegenseitigen Formen von Kultur und Natur in der Kulturanthropologie zu sehen (z. B. Vayda und McCay, 1975).

Aktuell wird auch ein zweites sozialökologisches Konzept intensiv diskutiert, das vom Institut für sozial-ökologische Forschung in Frankfurt entwickelt wurde (Becker und Jahn, 2000, 2006). In diesem Ansatz wird die Soziale Ökologie als „Wissenschaft von den gesellschaftlichen Naturverhältnissen“ verstanden, die sich auf die, durch die Politisierung der Natur in den 1980er Jahren sichtbar gewordene, Problematik ständig wechselnder Konstellationen zwischen Gesellschaft und Umwelt richtet. Bei diesem sehr pragmatischen Zugang geht es vor allem darum, wie in einer globalisierten Welt die krisenhaften Beziehungen zwischen Gesellschaft und Natur erkannt, begriffen und gestaltet werden können. Bei der Suche nach adäquaten Antworten kommt bei diesem Konzept

der Sozialen Ökologie der Transdisziplinarität eine zentrale Bedeutung zu.

Nicht vergessen werden sollen in diesem Zusammenhang, wenn es um eine politisierte Umwelt geht, die Beiträge aus der Politischen Ökologie (z. B. Blaikie et al., 1994; Bryant und Bailey, 1997). Eng verknüpft mit der Entwicklungsgeographie, der Politischen Ökonomie und der Kulturanthropologie sind durch ungleiche Machtverhältnisse zwischen AkteurInnen gekennzeichnete Mensch-Umwelt-Interaktionen, durch die der Gesellschaft aus bestehenden Naturverhältnissen Nutzen aber auch Schaden zu teil werden kann, von zentralem Erkenntnisinteresse.

1.4.3 Sustainability Science

Ebenso wie beim Ansatz der Sozialen Ökologie steht auch beim Ansatz der Sustainability Science (Kates et al., 2001) der Zusammenhang zwischen menschlich-gesellschaftlichem Handeln und der natürlichen Umwelt im Mittelpunkt und zwar im Sinne eines Wirkungsgefüges, bei dem Gesellschaft und Natur als „gekoppelte Systeme“ sich gegenseitig determinieren. Das Verständnis dieser nicht linearen, komplexen und selbst organisierten Systeme und die darauf basierende Ableitung von Lösungsvorschlägen für komplexe gesellschaftliche Probleme werden als die zentrale Forschungsaufgabe des 21. Jahrhunderts gesehen (WBGU, 2007).

Dabei lassen sich die Grundprinzipien von Sustainability Science im Sinne einer „neuen Wissenschaft“ nach Gallopín (2004) folgendermaßen umschreiben:

- Die neue Wissenschaft ist sozial-ökologisch: Sie bringt Umwelt- und Entwicklungsforschung dadurch zusammen, dass sich beide auf Natur-Gesellschafts-Interaktionen konzentrieren.
- Die neue Wissenschaft ist integrativ: Sie verbindet Natur- und Sozialwissenschaften, unterschiedliche gesellschaftliche Handlungsbereiche, WissenschaftlerInnen und PraktikerInnen wirken bei Problemlösungen zusammen.
- Die neue Wissenschaft ist grundlegend: Sowohl Skalensprobleme, nicht-lineare Prozesse und Komplexität, sowie die Einheit von Natur und Gesellschaft müssen bearbeitet werden.
- Die neue Wissenschaft ist regional und ortsgebunden: Die Forschung vollzieht sich dort wo die Menschen und die Ökosysteme sind, wo Übergänge möglich sind, wo Integration auftritt, wo Komplexität verstanden werden kann.

1.5 Parameter zur Kopplung

1.5 Coupling parameters

Die Verbindung/ Kopplung zwischen Impuls und Reaktion wird durch die Sensitivität des Systems gesteuert. In vielen auf Risikokonzepten basierenden Ansätzen wird diese Kopplung und damit letztendlich auch die Dimension der Systemreaktion durch die Parameter Vulnerabilität und Resilienz gesteuert.

Aufgrund des Wesens dieser Parameter liegt ein wesentlicher Nachteil dieses Konzepts darin, dass damit in der Regel nur potentiell negative Veränderungen des Systems abbildbar sind, wogegen durchaus mögliche positive Entwicklungen, hin zu einem verbesserten Systemzustand, unberücksichtigt bleiben. Aufgrund des generellen Prinzips der Unsicherheit müssen alle zukünftigen Entwicklungen aber als offen betrachtet werden. Das Konzept der Anpassungsfähigkeit (Adaptability) hingegen ermöglicht die Analyse der Fähigkeit eines Systems, mit Veränderungen umzugehen, unabhängig davon, ob diese aus sich heraus einen positiven oder negativen Impetus darstellen.

1.5.1 Vulnerabilität

Erste Überlegungen zur Bedeutung und Wirkungsweise der Vulnerabilität wurde bereits im 19. Jahrhundert in verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen diskutiert, wie z. B. Geographie (Burton, 1859), Medizin (Samelson, 1866) oder Ingenieurwesen (ohne Autor, 1866). In dieser Frühphase moderner Wissenschaften stand ein physisches, biologisches und technisches Verständnis der Verwundbarkeit im Vordergrund. Seitdem wird der Vulnerabilitätsbegriff unter anderem in der Ökonomie, der Anthropologie und der Psychologie verwendet. In modernen auf Systemgedanken beruhenden wissenschaftlichen Diskursen wurde der Begriff von Chambers (1989) im Zuge von Untersuchungen zur Entwicklung bzw. Unterentwicklung eingeführt und beispielsweise von Bohle (1993) im Kontext von Hungerkatastrophen aufgegriffen und weiter differenziert. In diesem Sinne erklärt Vulnerabilität zum einen, in welchem Umfang ein exponiertes soziales System gegenüber Störungen oder Stress empfänglich ist und zum anderen die eingeschränkten Möglichkeiten, mit diesen Herausforderungen umzugehen bzw. diese zu bewältigen. Im Kontext der Nahrungsmittelsicherheit und Hungerkatastrophen argumentiert Sen (1981), dass Vulnerabilität unabhängig von einer Störung von außen (z. B. durch Fehlernte) im sozialen System intrinsisch existieren kann. Demzufolge ist es der Verlust von Zugangsrechten (entitlements) bzw. der Zusammenbruch des Zugangs zu Nahrungsmitteln, der zu Hungerkatastrophen führen kann, ohne dass tatsächliche Nahrungs-

mittelknappheit vorliegt. Während Bohle et al. (1994) explizit das Entitlement-Konzept im Kontext von Klimawandel und Nahrungsmittelsicherheit aufgreifen, wird Vulnerabilität gegenüber dem Klimawandel als ein Resultat struktureller Gegebenheiten der Politischen Ökonomie, d. h. der Verteilung von wirtschaftlicher und politischer Macht, auch unabhängig von Nahrungsmittelknappheit diskutiert. Strömungen der Critical Theory und der Political Ecology (z. B. Cutter, 1996; Blaikie et al., 1994; Adger und Kelly, 1999) verstehen Vulnerabilität als ein gesellschaftliches Konstrukt und kritisieren, dass bei Risiko-Ansätzen im Zusammenhang mit Naturgefahrenprozessen durch den Fokus auf rein physische Aspekte des Klimawandels diese Dimension vernachlässigt wird.

Bei den naturwissenschaftlichen Zugängen steht die direkte Beziehung zwischen der Magnitude eines naturräumlichen Prozesses und der Vulnerabilität im Vordergrund (z. B. Hollenstein et al., 2002; Thieken et al., 2005, 2007; Dikau und Weichselgartner, 2005; Fuchs, 2009, Papatoma-Köhle et al. 2011). Vulnerabilität kann als die Anfälligkeit einer Person, einer Gesellschaft oder eines Systems hinsichtlich eines spezifischen ungünstigen Prozesses gesehen werden. Dem gegenüber sehen die BefürworterInnen des gesellschaftlich konstruierten Verständnisses von Vulnerabilität diese als eine a priori existierende Realität, die auch unabhängig von Einwirkungen des Klimawandels ein Problem darstellt, das politische, nicht ingenieurtechnologische Lösungen verlangt.

Insgesamt betrachtet bildet das Konzept der Vulnerabilität für das Erkennen, die Analyse und Bewertung von Herausforderungen, die entweder systeminterner Natur sind oder durch externe Systemstörungen entstehen, sowie für die Anpassung im Sinne eines optimalen Umgangs mit diesen einen idealen Ansatz (z. B. Bohle, 2007; Füssel und Klein, 2006). Folgt man sinngemäß den Definitionen von z. B. Wisner et al. (2003) oder Dikau und Weichselgartner (2005), dann kann Vulnerabilität als die Anfälligkeit einer Person, einer Gesellschaft oder eines Systems gegenüber einem spezifischen ungünstigen Prozess gesehen werden.

Im Kontext der Diskussion des Klimawandels und seiner Folgen kann Vulnerabilität als Ausdruck für das Maß der Suszeptibilität/des Aufnahmevermögens von Mensch-Umwelt-Systemen gegenüber negativen Effekten gesehen werden bzw. der fehlenden Fähigkeit, die durch den Klimawandel hervorgerufenen Veränderungen zu bewältigen bzw. in Wert zu setzen (z. B. Adger, 2006; Füssel und Klein, 2006). Nach O'Brien et al. (2004) ist Vulnerabilität dabei nicht nur als ein Resultat fehlender Anpassungskapazitäten, sondern umgekehrt auch als Ausgangspunkt für die Entwicklung von Anpassungskapazitäten zu verstehen (vgl. Box 1.2). Im Sinne des IPCC-Berichts

(Intergovernmental Panel on Climate Change) kann Vulnerabilität als das Zusammenwirken von Exposition, Sensitivität und Anpassungsfähigkeit interpretiert werden (Parry et al., 2007).

1.5.2 Resilienz

Auch das Konzept der Resilienz kann auf eine lange Geschichte im wissenschaftlichen Kontext zurückblicken. Wiederum stehen Ingenieurwissenschaft (Young, 1814) und Medizin (Carson, 1820; Scott, 1841) am Anfang. Es ist durchaus interessant, dass in diesem Zusammenhang auch bereits andere, heute durchaus im Kontext der Interaktion von Natur und Gesellschaft diskutierte Begriffe, wie Resistenz (Young, 1814) und Elastizität (Carson, 1820) angesprochen wurden.

Der Begriff der Resilienz wurde von Holling (1973) in die aktuelle wissenschaftliche Diskussion eingebracht, wobei darunter die Fähigkeit von Ökosystemen verstanden wird, Störungen widerstehen zu können, ohne dass das betroffene System seine Struktur verändert bzw. gar zusammenbricht (Gunderson und Holling, 2002; Diamond, 2005).

Bei der Betrachtung sozialer Systeme, auf die das ökologische Prinzip der Resilienz übertragen wurde, steht die Fähigkeit von Individuen oder sozialen Gruppen, externe Stressfaktoren und Störungen infolge ökologischer, sozialer oder auch politischer Einflüsse ausgleichen sowie zukunftsorientiert planen zu können, im Mittelpunkt der Betrachtung (z. B. Watts und Bohle, 2003; Adger, 2000). In jüngerer Zeit wird das Konzept der Resilienz auch auf sozial-ökologische Systeme angewandt (Walker et al., 2004, 2006; Folke, 2006; Bohle, 2007; Berkes et al., 2003).

In vielen wissenschaftlichen Ansätzen wirkt der Vulnerabilität die Resilienz entgegen, welche die Kapazität bzw. Selbsthilfefähigkeit des Individuums, der Gesellschaft oder des Systems zum Ausdruck bringt, diesem ungünstigen Einfluss zu widerstehen bzw. ihn zu überwinden. Ebenso wie Vulnerabilität ist Resilienz dabei dynamisch zu sehen, da beide im Wechselspiel zwischen Treibersystem und Reaktionssystem permanent einem räumlich-zeitlichen Wandel unterliegen (Bohle und Glade, 2008). Turner (2010) weist darauf hin, dass grundlegende Annahmen des Konzepts der Resilienz, die ihren Ursprung in der Beobachtung und Analyse von natürlichen Systemen haben, nur inadäquat auf die komplexen sozialen Strukturen und die reflektierenden AkteurInnen des menschlichen Subsystems übertragen werden können.

Ungeachtet einer mehr naturwissenschaftlichen oder mehr sozialwissenschaftlichen Herkunft und Gewichtung der Begriffe sind Vulnerabilität und Resilienz zentrale Schlüsselbegriffe bzw. steuernde Parameter für Anpassungsfähigkeit. Da-

Box 1.2: Vom Natursystem Erde zum Mensch-Umwelt-System Erde**Box 1.2: From the natural earth system to the human-environmental earth system**

Bis zum Auftreten des Menschen vor ca. 160 000 Jahren kann das System Erde als reines Natursystem bezeichnet werden, in dem physikalische, chemische und biologische Prozesse nach rein naturwissenschaftlichen Gesetzmäßigkeiten abgelaufen sind. Sicher ist aber auch, dass der Mensch in seiner Frühphase weitgehend das Verhalten eines Naturwesens zeigte. Erst mit der neolithischen Revolution (vor ca. 10 000 Jahren), die in unterschiedlichen Regionen der Erde zu unterschiedlichen Zeiten eingetreten ist, beginnt ein erster Wandel des reinen Natursystems Erde. Durch den Beginn des systematischen Ackerbaus und die Sesshaftwerdung griff der Mensch als Akteur lokal und regional immer mehr in die Natursysteme ein und bewirkte damit einen ersten Wandel – aus reinen Natursystemen werden zuerst kleinräumig, dann immer stärker ausgeweitet erste Mensch-Umwelt-Systeme. Hierbei ist Umwelt keinesfalls als Synonymbegriff für Natur zu verstehen, sondern steht für beides die Umwelt der Naturraumsphären sowie die vom Menschen geschaffene und beeinflusste Umwelt. In diesem Zeitraum hängen die Aktion des Menschen und die Reaktion der Umwelt meist zeitlich und räumlich nahe zusammen, d. h. der kausale Zusammenhang zwischen Impuls oder Ursache/VerursacherIn und Reaktion ist erkennbar. Da die energetischen Möglichkeiten des Menschen bis in die Neuzeit klar begrenzt blieben, gilt diese prinzipielle Feststellung wohl bis in die zweite Hälfte des 18. Jahrhunderts. In diesem Zeitraum gibt es eine Koexistenz zwischen reinen Natursystemen und Mensch-Umwelt-Systemen.

Mit der industriellen Revolution begann ein neues Zeitalter, von Paul Crutzen und Eugene Stoermer mit dem Begriff Anthropozän bezeichnet. Durch die Erschließung und Inwertsetzung von fossilen Energieträgern verfügt der Mensch über neue Möglichkeiten der Veränderung von Umweltsystemen. Aus dem ursprünglich in lokalen und regionalen Systemmaßstäben wirksamen Menschen ist ein globaler Faktor geworden. Der Mensch beeinflusst, manche mögen sagen, steuert das globale Klima.

Heute finden sich überall die Spuren der global wirksamen Aktivitäten des Menschen, sei es in den physikalischen, chemischen oder biologischen Prozessen oder den dadurch geschaffenen Erscheinungsformen. Demzufolge gibt es keine Natursysteme mehr mit einem unbeeinflussten Energie- oder Stoffhaushalt, es gibt nur noch Mensch-Umwelt-Systeme. Das heißt keinesfalls, dass es nicht Umweltsysteme gibt, in denen Prozesse dominieren, die durch Naturgesetze gesteuert werden; diese werden in diesem Kapitel durch die Natursphären repräsentiert.

bei muss jedoch hervorgehoben werden, dass beide Prinzipien in der Regel nur eine, nämlich die negative Seite möglicher Entwicklungen abdecken und damit für die Betrachtung der Folgeerscheinungen des globalen Klimawandels nur bedingt geeignet sind. Im Hinblick auf die Folgen des Globalen Klimawandels geht es aber auch um die potentiell positiven Entwicklungen, die durch ein Prinzip, das auf die Aufrechterhaltung von Systemzuständen fokussiert ist, nicht abgebildet werden können (Stötter und Coy, 2008). Es mag dabei durchaus erstrebenswert sein, dass Systeme bzw. Systemzustände sich radikal verändern, solange dies zu einer optimierten, nachhaltigen Sicherstellung gesellschaftlicher Interessen und Bedürfnisse beiträgt. In ähnliche Richtung weisen auch Interpretationen von Carpenter et al. (2001) oder Folke (2006), bei denen neben der Robustheit von Systemen auch deren Selbstorganisation bzw. ihre Lern- und Anpassungsfähigkeit thematisiert werden.

1.5.3 Kapazitäten

Ob ein Mensch-Umwelt-System in entsprechender Weise mit Systemstörungen bzw. Stress umgehen kann, hängt von der Anpassungsfähigkeit ab, wobei hierunter nicht die kurzfristige Reaktion im Sinne einer Kapazität zur kurzfristigen Bewältigung (coping capacity) verstanden wird, sondern das mittel- bis langfristige, der zeitlichen Dimension des Nachhaltigkeitsgedankens (siehe unten) entsprechende Umstellen auf einen neuen, mittelfristig stabilen Systemzustand (Smit et al., 2001; Brooks et al., 2005; Gallopín 2006).

Während die Resilienz als Ausdruck für die beharrenden Systemeigenschaften, die mitunter auch verhindern, dass günstige Einflüsse wirksam werden, der Vulnerabilität rein auf der Seite potentiell negativer Entwicklungsoptionen entgegenwirkt, kann die Idee der Kapazität als generell „positives Gegenkonzept“ interpretiert werden. In diesem Sinne wird durch den Terminus

Kapazität die „Aufnahmefähigkeit“ einer Person, Gesellschaft oder eines Systems verstanden, die es erlaubt einen spezifischen Impuls auch in Richtung eines verbesserten Systemzustands aufzugreifen und weiter zu entwickeln. Dabei geht es um den Aufbau von Kapazität (capacity building), die dann im Sinne einer Anpassungskapazität (adaptive capacity) zu Anpassung an veränderte Rahmenbedingungen beitragen kann.

1.6 Anpassungsfähigkeit

1.6 Adaptability

Trotz aller Anstrengung zur Vermeidung der Verstärkung des Treibhauseffekts wird der Globale Klimawandel im 21. Jahrhundert nicht gestoppt werden, nur sein zeitlicher Gradient kann verändert werden (Meehl et al., 2005). Aus diesem Grund ist Anpassung ein (über)lebenswichtiges Handlungsprinzip, das dazu beiträgt, dass Mensch-Umwelt-Systeme keine drastischen Brüche, wenn nicht sogar einen Kollaps, erleiden (Diamond, 2005). Damit kommt der Anpassung im Umgang mit dem Klimawandel eine zentrale Stellung zu, was auch dadurch zum Ausdruck gebracht wird, dass sowohl in der globalen als auch regionalen Diskussion Anpassung neben Mitigation die zweite zentrale Strategie zur Überwindung des Klimawandels und seiner Folgen ist. Diese Tatsache sowie die diskutierten methodisch-konzeptionellen Überlegungen erklären, dass Anpassungsfähigkeit als Ergebnis des Zusammenwirkens von Vulnerabilität, Resilienz und Kapazität verstanden und deshalb hier, quasi als alle Kopplungen zusammenfassender Parameter, als eigenständiger Punkt auf einer höheren Gliederungsebene betrachtet wird (siehe auch die Darstellung in Abbildung 1.3).

Zum Konzept der Anpassung gehen erste wissenschaftliche Überlegungen auf Diskussionen zur Evolutionsbiologie im 19. Jahrhundert zurück (z. B. Lamarck, 1809; Darwin, 1859). Ursprünglich wurde darunter ein Prozess bzw. eine Fähigkeit verstanden, die es Organismen ermöglicht, sich mit sich ändernden Umweltbedingungen zu arrangieren, beispielsweise durch Standortwechsel oder durch veränderte Lebensreaktionen.

Evolutionäre Anpassung als ein nicht durch bewusstes Handeln charakterisierter Prozess ist übertragbar auf soziale oder organisatorische Anpassung. Anpassung in dieser Form geschieht in jedem Moment und spontan als Reaktion auf äußere Einflüsse. Die Kulturökologie sieht Kultur selbst als primäres Mittel menschlicher Gesellschaften, sich jeweiligen Umweltbedingungen anzupassen (Guillet et al., 1983). Im Klimawandelkontext wird diese Art der Anpassung als autonome Anpassung bezeichnet. Wenn in Band 2 die Folgen

des Klimawandels thematisiert werden, dann handelt es sich bei den betrachteten Prozessen und Auswirkungen eindeutig um spontane Anpassung. Dies gilt ohne Zweifel für alle Folgeerscheinungen des Klimawandels in den Natursphären (vgl. Band 2, Kapitel 2–5). Aber auch bei den in Band 2, Kapitel 6 diskutierten gesellschaftlichen Auswirkungen handelt es sich um Beispiele spontaner Anpassung, bei denen der Mensch quasi in seiner Eigenschaft als Naturwesen in das Wirkungsgefüge von Klimawandelimpuls und Reaktion eingebunden ist.

Diese ist klarerweise von allen intendierten Strategien und Handlungen zu unterscheiden, durch welche die Gesellschaft, einzelne Gruppen oder auch Individuen auf die Einflüsse des Klimawandels reagieren bzw. vorausschauend hinsichtlich dieser Wirkungen agieren. Diesem wesentlichen Unterschied wird im AAR14 dadurch Rechnung getragen, dass alle Aspekte bewusster und vorausschauender Anpassung in Band 3 behandelt werden. Diese geplante Form der Anpassung ermöglicht es, zielführend Sackgassen und Negativkonsequenzen des Trial-and-Error Modus der ad hoc-Anpassung (Maladaptation) zu vermeiden. Die Richtung, in die aktive Anpassung zielt, kann durch die normativen Prinzipien der Nachhaltigkeit, aber auch durch weichere, deskriptive Werte zu Überlegungen zum Thema Lebensqualität vorgegeben sein.

Während Vermeidungsstrategien (Mitigation) (vgl. Klein et al., 2007), wie z. B. die bindenden Verpflichtungen gemäß Kyoto-Protokoll (z. B. UNFCCC, 1997), dazu dienen, die Produktion von Treibhausgasen und damit deren Konzentration und Treibhauswirkung zu reduzieren, sind Anpassungsstrategien (Adaptation) das Mittel, um Mensch-Umwelt-Systeme an die regional unterschiedlichen Auswirkungen des Globalen Klimawandels zu adjustieren (Parry et al., 2007). Oft sind Anpassungsstrategien eng mit Vermeidungsstrategien verknüpft und tragen somit zur Vermeidung bei (Tol, 2005; Goklany, 2007; Huq und Grubb, 2007). Um eine differenziertere Betrachtung von Klimawandelmaßnahmen zu ermöglichen, unterscheiden Mahammadzadeh et al. (2013) zwischen reinem Klimaschutz, anpassungsinduziertem Klimaschutz, reiner Anpassung und klimaschutzinduzierter Anpassung. Im AAR14 werden sowohl Vermeidungs- als auch Anpassungsmaßnahmen als Klimaschutzmaßnahmen bezeichnet – es wäre demnach zwischen reinen Vermeidungsstrategien, anpassungsinduzierten Vermeidungsstrategien, reiner Anpassung und klimaschutzinduzierter Anpassung zu unterscheiden. Es gilt grundsätzlich, dass der Anpassungsbedarf umso größer sein wird, je weniger die Maßnahmen des Klimaschutzes greifen.

Dabei sind alle Aktivitäten der Anpassung zielorientiert, entweder in Richtung einer Minderung von Bedrohungen oder einer Inwertsetzung von positiven Entwicklungspotentialen.

len. Damit korrespondiert das Prinzip der Anpassung mit den Überlegungen zu einem offenen Risikokzept im Sinne von good risk und bad risk. Aufgrund des räumlich stark variierenden Charakters des Klimawandels und seiner Folgeprozesse müssen alle Anpassungsmaßnahmen entsprechend den spezifischen Folgeeffekten des Klimawandels individuell gestaltet werden. Gleichzeitig müssen sie auch den Erfordernissen einer nachhaltigen Regionalentwicklung folgen (Adger et al., 2005).

Anpassung umfasst aus heutiger Sicht über die rein biologisch-physikalischen Aspekte hinaus vor allem die gesellschaftliche Seite (z. B. Rappaport, 1971; O'Brien und Holland, 1992; Frommer et al., 2011). Hierbei ist unter anderem an die Entwicklung von neuen Methoden und Strategien zu denken, durch die soziale Gruppen auf Veränderungen in ihrer Umwelt reagieren, um ihre Lebensbedingungen zu verbessern bzw. ihr Überleben zu sichern. In diesem Sinne ist Anpassung als ein systeminterner Prozess in sozialökologischen Systemen zu verstehen, durch den versucht wird, die dynamischen Wechselwirkungen zwischen den biologisch-physikalisch und den soziokulturell geprägten Systemkomponenten in einem dynamischen, entsprechend gesellschaftlichen Werten intendierten Gleichgewicht zu halten (z. B. Folke et al., 2005; Gallopín, 2006). Dabei ist die jeweilige Ausprägung gesellschaftlicher Werte selbst in Abhängigkeit des sozialökologischen Gesamtsystems zu sehen.

Aus dem Wechselspiel zwischen Vulnerabilität und Kapazität lässt sich die Anpassungsfähigkeit eines Mensch-Umwelt-Systems an die von externen Einflüssen gesteuerten Veränderungen (z. B. den Globalen Klimawandel oder Globalisierungseffekte) als auch von internen Faktoren ableiten, die im System selbst ihren Ursprung haben (z. B. demographische Entwicklung, Innovation, Kreativität). Die Anpassungsfähigkeit bringt zum Ausdruck, in welcher Weise das betrachtete System reagiert und welche Entwicklungspfade sich daraus ergeben können. Dabei hängt die Anpassungsfähigkeit von Mensch-Umwelt-Systemen gegenüber den Auswirkungen des Globalen Wandels von folgenden Rahmenbedingungen ab:

- von der Grunddisposition der Vulnerabilität/Kapazität des jeweiligen Mensch-Umwelt-Systems als Konsequenz des Globalen Wandels und gegenüber seinen Teilprozessen;
- von der Intensität (Magnitude und zeitlicher Verlauf) der Teilprozesse des Globalen Wandels (z. B. wie schnell sich eine bestimmte Temperaturerhöhung einstellt);

Die Anpassungsfähigkeit eines Systems wird generell in mittel- bis langfristigen Zeitskalen gedacht (Smit et al., 2001; Brooks

et al., 2005; Gallopín, 2006) und besitzt, vergleichbar dem Prinzip der Nachhaltigkeit, eine intergenerationelle Dimension. Während im Kontext eines rein natürlichen Systems Anpassung ein reaktiver Prozess ist, kann im gesellschaftlichen Kontext und damit auch in Mensch-Umwelt-Systemen Anpassung zu einer pro-aktiven, vorausschauenden Handlung werden (Yohe und Tol, 2002; Smit und Wandel, 2006). Gleiches gilt auch für die Anpassungsfähigkeit, die durch intendierte Aktion positiv beeinflusst werden kann.

Anpassungsfähigkeit bringt zum Ausdruck, wie leicht ein System einen Wandel vollziehen kann – ohne wesentliche Verluste seiner Leistungsfähigkeit. Im Parameter der Anpassungsfähigkeit kommt ein komplexes, bei jedem Beispiel aufs Neue zu untersuchendes Zusammenspiel zwischen Vulnerabilität, Resilienz und Kapazität zum Ausdruck. In diesem Sinne geht Anpassungsfähigkeit über die reine Dimension der Resilienz eines Systemzustandes hinaus und ist auch als Schnittstelle zwischen aktuellen und potentiellen zukünftigen Systemzuständen zu verstehen (Abbildung 1.3).

1.7 Kopplung globale Treibersysteme – regionale Reaktionssysteme

1.7 Coupling of global drivers and regional response systems

Das lokale Handeln jeder einzelnen Person wirkt sich in Summe global im Energiehaushalt der Atmosphäre aus. Der damit verbundene globale Klimawandel zeigt auf der regionalen und lokalen Ebene stark differenzierte Ausprägungen und vielfältige Folgeerscheinungen in allen Mensch-Umwelt-Systemen. Dabei gibt es keinen direkten räumlichen Zusammenhang mehr zwischen dem individuellen Ort der Handlung, die den Klimawandel beeinflusst und der globalen Folgen des Klimawandels. Außerdem liegen aufgrund der Trägheit der Subsysteme Impuls und Reaktion oft auch zeitlich sehr lange auseinander.

Anhand eines Beispiels lässt sich dies anschaulich konkretisieren (Abbildung 1.4).

Genauso wenig, wie wir sagen können, ob die Stromquelle, durch die eine Waschmaschine in einem österreichischen Haushalt betrieben wird, aus heimischer Wasserkraft oder aus französischer Atomenergie gespeist wird, oder ob diese Energie vor Jahrmillionen in den Wäldern des Karbon sequestriert wurde oder von momentaner Sonnenaktivität stammt, kann eine Zuordnung zwischen dem energetischen Verhalten der AlpenbewohnerInnen im Jahr 2003 und der um über 4°C wärmeren Sommertemperatur im gleichen Jahr getroffen wer-

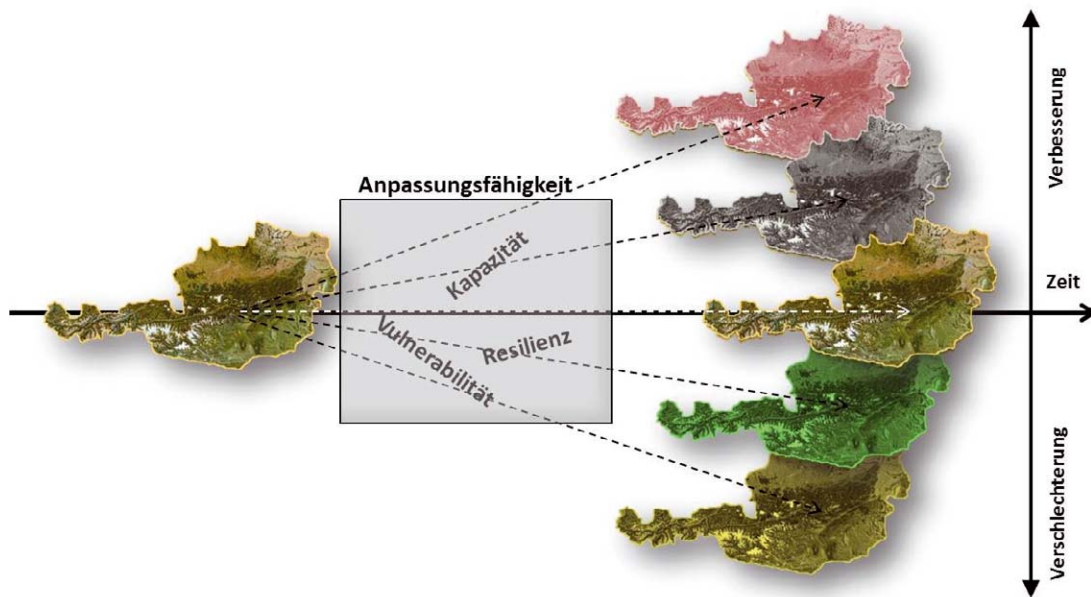


Abbildung 1.3 Offenes Konzept zur Anpassungsfähigkeit, basierend auf einem offenen Risikokonzept. Quelle: Coy und Stötter (2013)

Figure 1.3 Open concept of adaptability, based on open risk concept. Source: Coy und Stötter (2013)

den. Dieser "Jahrhunderttausend-Sommer" hatte nichts mit einer besonders starken Emissionstätigkeit der betroffenen Bevölkerung zu tun und schon gar nicht sind irgendwelche zeitlichen Parallelitäten festzustellen. Handlung und Folgen sind also entkoppelt.

In übertragener Weise gilt das gleiche Prinzip des doppelten Dilemmas auch beim Klimaschutz. Der individuelle Beitrag zum Klimaschutz ist in seiner Wirkung weder räumlich noch zeitlich direkt wahrnehmbar. In Regionen, in denen ein überdurchschnittlicher Beitrag zu Klimaschutzmaßnahmen geleistet wird, wirkt sich dies nicht durch eine regional, im Vergleich zu anderen Regionen reduzierte Erwärmung aus. Summa Summarum ist die heute erfolgte Emissionsminderung auch nicht zeitgleich oder zumindest in absehbarer Zeit erkennbar. Als Konsequenz ergeben sich Problematiken, deren Logiken z. B. die Game Theory und die Rational Choice Theory zu verstehen versuchen. Die Atmosphäre ist ein Gemeinschaftsgut (global common) im Spannungsfeld von individuellen und kollektiven Interessen und Handlungen. Eine entsprechende Beleuchtung von Anpassungs- versus Emissionsminderungsstrategien ist notwendig, um Handlungsoptionen zu entwickeln, effektiv zu kommunizieren und zu implementieren.

Im Zusammenhang mit dem Globalen Klimawandel und seinen Folgeerscheinungen sind die Wechsel zwischen globaler und regionaler/lokaler Dimension sowohl mit einem räumlichen als auch einem zeitlichen Dilemma verbunden. Zum

einen sind die Folgen des Klimawandels nicht unbedingt dort am stärksten, wo die Ursachen für die Erwärmung am stärksten sind, zum anderen ist die Erwärmung von heute die Folge des Handelns in der Vergangenheit und das heutige Handeln der Weltgemeinschaft wirkt sich erst in einigen Jahrzehnten voll aus (z. B. Manabe und Stouffer, 1994; Mitchell et al., 2000; Voss und Mikolajewicz, 2001). Der intergenerationelle Charakter dieses Impuls-Reaktion-Systems reicht soweit, dass selbst ein sofortiges Beenden der Emission anthropogener Treibhausgase die Erwärmung im 21. Jahrhundert nicht stoppen kann, sondern nur den zeitlichen Gradienten des Temperaturanstiegs mildert (Meehl et al., 2005).

Bei ihren Überlegungen zum Anthropozän als neuem Abschnitt der Erdgeschichte steht für Crutzen und Stoermer (2000) der Gedanke im Vordergrund, dass der Mensch mit seinem lokal verorteten Handeln global wirksam geworden ist und den Klimawandel auf globaler Ebene beeinflusst bzw. steuert. Am Beispiel des globalen Klimawandels ist dies gut nachvollziehbar: Jede lokale Aktion, bei der fossile Energieressourcen umgesetzt werden, trägt zum anthropogenen Anteil der atmosphärischen Treibhauswirkung bei und schlägt sich somit, quasi aufsummiert, im globalen Erwärmungssignal nieder. Neben diesem Upscaling der Treiberwirkung kommt es auch zu einem regional stark differenzierten Downscaling des globalen Klimasignals auf die größere regionale bzw. lokale Maßstabsebene.

Hinter dieser Aussage verbirgt sich jedoch wiederum das doppelte Dilemma: Zwischen Ursache und Wirkung gibt es weder ei-

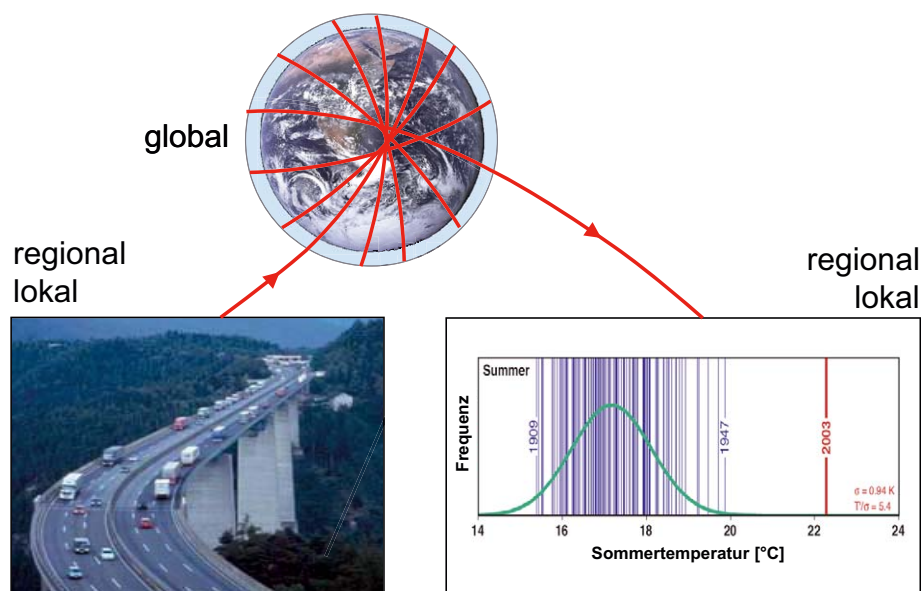


Abbildung 1.4 Doppelte Dilemmata der räumlichen und zeitlichen Entkopplung von Aktion und Reaktion im Globalen Klimawandel. Quelle: nach Schär et al. (2004)

Figure 1.4 Double dilemma of spatially and temporally decoupled action and reaction of global climate change processes. Source: adapted from: Schär et al. (2004)

nen direkten räumlichen noch einen direkten zeitlichen Zusammenhang. Diese Entkopplung zwischen Aktion und Reaktion ist sicher eine wesentliche Ursache für die immer noch fehlende bzw. stark reduzierte Wahrnehmung des globalen Klimawandels generell und der Akzeptanz nötiger Maßnahmen zum Umgang, sei es Emissionsminderung oder Klimaanpassung.

Des Weiteren führt die räumlich-zeitliche Entkopplung von Ursache und Wirkung direkt zur Frage, wer diese verursacht, wer durch diese geschädigt oder begünstigt wird bzw. zum Problem globaler Verantwortung. Ethische Fragestellungen von Klimagerechtigkeit stehen vor der Herausforderung, direkt die oben diskutierte Entkopplung zu adressieren (Marino und Ribot, 2012). Die gegenüber dem Klimawandel und seinen Folgen am stärksten verwundbaren Gesellschaften sind oftmals nicht mit den HauptverursacherInnen des Klimawandels identisch, wogegen durch Klimawandel induzierte Vorteile größtenteils den VerursacherInnen zufallen.

1.8 Bewertungskonzepte

1.8 Evaluation and monitoring methods

Eine Vielzahl von Werkzeugen zur Analyse und Bewertung von Klimawandeleinflüssen, Vulnerabilität und Risiko sowie zur Feststellung von Kapazitäten, zur Planung, zum Monitoring und zur Evaluation von Maßnahmen werden sowohl in wissenschaftlicher Fachliteratur als auch in der umfangreichen grauen Literatur der Praktiker-Gemeinschaft diskutiert (z. B. CARE, ActionAid oder United Nations Development Programme [UNDP]).

1.8.1 Genereller Überblick

Die Zielsetzung ist immer das Zusammenführen von quantitativen, d. h. den Einfluss des Klimawandels quantifizierenden Daten, mit qualitativen Bewertungen, um dies als Grundlage für die Entwicklung praktisch implementierbarer Maßnahmen verwenden zu können. Das Spektrum solcher Werkzeuge reicht von daten- und rechenintensiven Regionalisierungsmodellen (z. B. PRECIS entwickelt vom Hadley Centre des MET Office in Großbritannien, siehe Jones et al., 2004) bis hin zu rein qualitativen Vulnerabilitätsanalysen, die einen geringen technologischen Aufwand voraussetzen. Nach Hammill und Tanner (2010) lassen sich diese Methoden in Bereitstellung von Daten und Information, Prozessunterstützung sowie Wissensbeteiligung unterteilen.

Aus der Entwicklungszusammenarbeit und dem humanitären Umfeld sind eine Reihe von Werkzeugen hervorgegangen, die letztendlich auf den Methodenkatalog des Participatory Rural Appraisals von Chambers (1994) zurückzuführen sind. Dieser beinhaltet partizipative Methoden für Kartierung, Modellierung, Ortsbegehungen, Matrixbewertung, saisonale Kalender, Trend- und Wandelanalyse, Wohlbefinden und Wohlstandsrangfolgen und -gruppierungen und analytische Diagramme. Fast alle größeren internationalen Organisationen (z. B. ActionAid, CARE, Christian Aid, DFID, GIZ, IISD, Internationales Rotes Kreuz, Tearfund, UNDP, UNEP, US-AID, WWF etc.) sowie eine Vielzahl kleinerer Gruppierungen im Bereich der Entwicklungszusammenarbeit haben eigene Werkzeuge zur Implementierung der Klimawandelanpassung in ihrem Tätigkeitsfeld entwickelt.

Auf nationaler und globaler Maßstabebene sind eine Reihe von Bewertungssystemen entstanden, die es ermöglichen sollen, Volkswirtschaften untereinander entsprechend ihrer sozioökonomischen Entwicklung und mitunter darüber hinaus zu vergleichen. Die verschiedenen Indices wurden als Kritik und Alternativen zum Bruttoinlandsprodukt (BIP) als maßgeblichen Indikator des Erfolgs einer Volkswirtschaft entwickelt. Ein solches Konzept stellt der Human Development Index (HDI) dar. Im Vordergrund der Betrachtung steht dabei das sozioökonomische System, wogegen ökologische Faktoren nur in einzelnen Aspekten des HDI eine untergeordnete Rolle spielen. Der HDI wurde auf der konzeptionellen Grundlage von Amartya Sen durch Mahbub ul Haq (1996) entwickelt, um rein ökonomischen Entwicklungsparametern ein Maß für menschliches Wohlergehen (human well-being) gegenüber zu stellen. Als Einzelkomponenten fließen Daten zur Lebenserwartung, Schulbildung, pro Kopf Einkommen (basierend auf dem BIP), Gesundheit und Lebensstandard in den HDI ein. Weitere Indices sind zum Beispiel der GINI Koeffizient als Maß der Ungleichverteilung von Wohlstand, und der MPI (Multidimensional Poverty Index) als Armutsindikator. Das SEEA (System of Environmental Economic Accounts) berücksichtigt ökologische und ökonomische Faktoren und der HPI (Happy Planet Index) setzt erstmals menschliches Wohlergehen mit ökologischem Fußabdruck in Verbindung. Als einziges Land setzt Bhutan Glück vor wirtschaftliche Produktivität als Ziel seiner Volkswirtschaft an und bewertet dies als Gross National Happiness (GNH).

Da keine direkt ökologischen Parameter in den HDI miteinbezogen werden, ist seine Anwendungsmöglichkeit im Kontext der Klimawandeldebatte begrenzt. Aus der Perspektive von Vulnerabilität als präexistierender Bedingung einer Gesellschaft stellt er aber dennoch ein wichtiges Instrument zur Bewertung von Auswirkungen und Anpassungsoptionen dar. Für die Bewertung der Folgeerscheinungen des Klimawandels im regionalen Betrachtungsmaßstab des AAR14 bietet sich das Konzept der Ökosystemdienstleistungen zur Verknüpfung zwischen den Auswirkung in den Natursphären und der Gesellschaft an.

1.8.2 Ökosystemleistungen

Das Konzept der Ökosystemdienstleistungen bietet explizit Möglichkeiten, ökologische Folgen des Klimawandels im lokalen und regionalen Betrachtungsmaßstab zu bewerten. Aus diesem Grund wird durch Anwendung dieses Konzepts versucht, die Verknüpfung zwischen den primären Folgen des Klimawandels im Natursystem / in den Natursphären und den daraus resultierenden sekundären Folgen für die Gesellschaft

zu ermöglichen. Leistungen der Natur, wie fruchtbare Böden, gesunde Luft, Quell- und Grundwasser in Trinkwasserqualität oder Schutz vor Naturgefahren und Freizeitmöglichkeiten in der Natur wurden sehr lange als selbstverständliches Gemeingut angesehen. Erste wissenschaftliche Überlegungen darüber, dass Ökosysteme in vielfältiger Weise zur gesellschaftlichen Wohlfahrt beitragen, wurden bereits Ende der 1970er Jahre diskutiert (Westman, 1977). In den 1990er Jahren gelang es v. a. Daily (1997) und Costanza et al. (1997) das öffentliche Interesse für den Wert von Ökosystemleistungen und die Erhaltung der biologischen Vielfalt zu sensibilisieren. Aber erst das „Millennium Ecosystem Assessment“ (MEA), eine großangelegte Studie der Vereinten Nationen über den Zustand, die Entwicklung und Gefährdung der Ökosysteme (Reid et al., 2005), führte zu einer intensiven weltweiten Diskussion darüber, welche fundamentale Bedeutung die Leistungen der Ökosysteme für das menschliche Leben haben. Seit dem MEA wächst nicht nur die wissenschaftliche Literatur zu Ökosystemleistungen exponentiell an (Fisher et al., 2009), sie werden zunehmend auch zu wichtigen Bestandteilen von nationaler, europäischer und globaler Umweltpolitik. So wurde etwa für Österreich kürzlich ein Inventar von Ökosystemleistungen im Bereich Landwirtschaft erstellt (Götzl et al., 2011). Das Konzept der Ökosystemleistungen findet aber auch zunehmend Eingang in ökonomische Marktmechanismen. Die von den UmweltministerInnen der G8+5-Länder 2007 initiierte TEEB-Studie hat sich zum Ziel gesetzt, den ökonomischen Wert der Dienstleistungen von Ökosystemen und Biodiversität fassbar zu machen. Damit soll nicht nur gezeigt werden, dass ökonomische Instrumente ein wirkungsvolles Mittel für die Biodiversitätspolitik, sondern auch für die Klimapolitik sind (TEEB, 2010).

Was sind nun eigentlich Ökosystemleistungen? Der Begriff der Ökosystemleistungen wird in der Literatur unterschiedlich definiert. Das Millennium Ecosystem Assessment (MEA; Alcamo et al., 2003) definiert Ökosystemleistungen als „Güter und Dienstleistungen, die von der Natur erbracht werden und vom Menschen genutzt werden, um sein Wohlergehen zu gewährleisten“. Fisher et al. (2009), de Groot et al. (2010), Haines-Young und Potschin (2011) unterscheiden hingegen zwischen den Leistungen und deren Nutzen: Ökosystemleistungen sind demnach kein Nutzen, sondern sie erbringen einen Nutzen (Staub et al., 2011). Heute wird zumindest beim Versuch, das Ökosystemleistungskonzept zu operationalisieren auch nicht mehr zwischen Ökosystemgütern und Ökosystemdienstleistungen unterschieden, sondern diese werden zusammenfassend als Ökosystemleistungen bezeichnet. Diese Unterscheidungen mögen spitzfindig klingen, sie sind aber ganz

wesentlich, wenn es um den Einsatz von Ökosystemleistungen als Indikatoren zur Bewertung der Folgeerscheinungen des Klimawandels geht.

Das MEA unterscheidet vier Kategorien von Ökosystemleistungen:

- Versorgungsleistungen (provisioning services): Dies sind Produkte (oder Güter), die direkt aus Ökosystemen entnommen werden, wie Nahrungs- und Futtermittel, Trinkwasser, Holz, Brennstoffe, pflanzliche Arzneistoffe;
- Regulierungsleistungen (regulating services), wie die Regulierung von Klima und Luftqualität, Abschwächung von Extremereignissen (z. B. durch das Wasserrückhaltevermögen von Boden und Vegetation in Einzugsgebieten), biologische Schädlingsbekämpfung;
- Kulturelle Leistungen (cultural services), wie Erholung, Erleben und Bildung in der Natur, spirituelle und ästhetische Werte;
- Unterstützungs- oder Basisleistungen (supporting services): Dies sind sämtliche Leistungen, die notwendig sind, um die übrigen drei Kategorien zu liefern, wie z. B. Photosynthese, Stoffkreisläufe, Bodenbildung.

Gerade die letzte Kategorie wird heute zunehmend in Frage gestellt. Dies hat zwei Gründe: Erstens ergibt sich damit eine unscharfe Trennung zwischen echten Leistungen und den ökologischen Prozessen, die notwendig für die Existenz dieser Leistungen sind (Wallace, 2007; Lamarque et al., 2011), und zweitens ergeben sich damit u.U. auch Doppelzählungen (Staub et al., 2011). So ist z. B. Trinkwasser, das unmittelbar genutzt wird, die finale Ökosystemleistung, die von Zwischenleistungen, wie der Reinigungskraft von Böden und dem Nährstoffhaushalt abhängt. Würde man beide einrechnen, käme es zu einer Doppelzählung. Aus diesen Gründen werden etwa im Inventar der Ökosystemleistungen der Schweiz und im Österreichischen Inventar der Ökosystemleistungen für die Landwirtschaft ausschließlich finale Ökosystemleistungen erfasst. Es sind dies Ökosystemgüter und -dienstleistungen, die vom Menschen direkt genossen, konsumiert oder genutzt werden (Final Ecosystem Goods and Services, FEGS) und so direkt zur Wohlfahrt beitragen (Boyd und Banzhaf, 2007).

Die Unterstützungs- oder Basisleistungen werden in diesen Inventaren zu den Zwischenleistungen gezählt, die dem Menschen keinen direkten Nutzen liefern. Dieser Ansatz zeigt klar auf, dass das Konzept der Ökosystemleistungen einer anthropozentrischen Perspektive entspricht. Es konzentriert sich somit auf jene Aspekte von Ökosystemen, die einen erkennbaren Wohlfahrtsbezug haben, also in irgendeiner Form von Men-

schen genutzt oder geschätzt werden. Aus diesem Ansatz ergibt sich auch, dass nur diejenigen Leistungen berücksichtigt werden, deren Nutzen nach heutigem Kenntnisstand erkennbar ist.

Damit ist zugleich ein Grundproblem des Konzeptes der Ökosystemleistungen angesprochen: Den Ökosystemen wird kein Wert an sich, sondern nur in ihrer Relevanz für den Menschen zugesprochen. Die konsequente Weiterführung des zugrundeliegenden ethischen Ansatzes, insbesondere wenn Ökosystemleistungen monetarisiert werden, kann zu tiefgreifenden Veränderungen in den Werthaltungen der Gesellschaft führen (Spash, 2008).

Aufbauend auf die Klassifizierung des MEA entwickelte die Europäische Umweltagentur (EEA) ein neues Klassifizierungssystem, das mit den bereits etablierten Konten der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung (VGR) kompatibel ist, um dort in Zukunft auch Ökosystemleistungen zu integrieren (Haines-Young und Potschin, 2011). Die Klassen der Common International Classification of Ecosystem Goods and Services (CICES) der EEA und der MEA sind mit Ausnahme der Unterstützungs- oder Basisleistungen praktisch deckungsgleich. Letztere werden auch im CICES nicht verwendet, um Doppelzählungen zu vermeiden. CICES ist relativ offen formuliert und lässt daher auch bei nationalen Umsetzungen Spielraum für länderspezifische Gegebenheiten zu.

Warum sind Ökosystemleistungen gut geeignet, um Folgeerscheinungen des Klimawandels zu bewerten? Ökosysteme reagieren sensitiv auf Klimaänderungen, auch wenn ihre Reaktion sowohl von der Stärke der Veränderung, als auch von ihrer Resilienz abhängt. Darüber hinaus bietet gerade das Monitoring von Ökosystemleistungen die Möglichkeit, die schwierig zu fassenden indirekten Wirkungen der Klimafolgen zu beachten. Allerdings werden Auswirkungen des Klimawandels auf Ökosysteme teilweise verstärkt durch andere Aspekte des Globalen Wandels, wie etwa eine zunehmende Fragmentierung der Ökosysteme und Landschaften; andererseits können sich auch enorme Zeitverzögerungen in der Reaktion ergeben, z. B. wenn es um Änderungen der Artengarnitur oder gar um Bodenbildungsprozesse geht. Darüber hinaus wird die aktuelle Biodiversitätskrise, die sich in einem rasanten Verlust an biologischer Vielfalt äußert, wegen der engen Beziehung zwischen Biodiversität und Ökosystemleistungen zu einem geringeren Adaptationsvermögen gegenüber dem Klimawandel führen.

1.9 Forschungsbedarf

1.9 Research needs

Innerhalb eines Kapitels, das einen Überblick über wesentliche theoretisch-konzeptionelle Grundlagen zum Inhalt hat, die bei der Betrachtung von Folgeerscheinungen des Klimawandels wichtig sind, muss der Fokus des Forschungsbedarfs konsequenterweise auf einer theoretischen oder methodischen Ebene angesiedelt sein.

Aus einer philosophisch-theoretischen Betrachtung lässt sich der Forschungsbedarf eindeutig auf ein zentrales Thema konzentrieren. Es gibt zwar seit der Antike unterschiedliche theoretische Konzepte zum Verhältnis zwischen Mensch/Gesellschaft/Kultur und Natur/Umwelt. Sie alle beruhen aber auf einem dichotomen Weltbild und sind deshalb im Zeitalter des Anthropozäns, in dem die Erde sich als ein hybrides Mensch-Umwelt-System darstellt, nicht mehr gültig.

Hier ist klarer Bedarf an Überlegungen zu einer Mensch-Umwelt-Theorie des Anthropozäns, die als Grundlage für gesellschaftliche Handlungen im 21. Jahrhundert bestehen kann.

Auf der methodischen Seite gibt es eindeutig Forschungsbedarf an den wesentlichen Schnittstellen:

- Schnittstelle zwischen Natursystem und gesellschaftlichem System

Begleitend zur Theorieentwicklung (siehe Punkt 1) wird eine umsetzbare bzw. anwendbare Methode benötigt, die es erlaubt, den Zusammenhang zwischen Gesellschaft und Umwelt innerhalb von projektbezogenem Arbeiten abzubilden.

- Schnittstelle zwischen Treiber- und Reaktionssystem bzw. zwischen Impuls und Reaktion

Hinsichtlich der Nachvollziehbarkeit/Wahrnehmung der Kopplung von Impuls und Reaktion und der davon abhängigen Akzeptanz von notwendigen Handlungen braucht es methodische Ansätze, die es erlauben die räumlichen und zeitlichen Diskrepanzen zu überwinden.

- Schnittstelle zwischen Maßstabebenen

Um in einem Mensch-Umwelt-System das komplexe Zusammenwirken zwischen lokaler/regionaler Aktion, daraus resultierenden globalen Treibersignalen und wiederum lokaler/regionaler Reaktion nachvollziehbar besser verstehen zu können, braucht es neue, mehrskalige Modellansätze, in denen v.a. die menschliche Aktion und Reaktion auf lokaler/regionaler Maßstabebene zeitlich synchron mitgeführt wird.

1.10 Literaturverzeichnis

1.10 References

- Adger, W.N., 2000. Social and ecological resilience: are they related? *Progress in Human Geography* 24, 347–364.
- Adger, W.N., 2006. Vulnerability. *Global Environmental Change* 16, 268–281.
- Adger, W.N., Arnell, N.W., Tompkins, E.L., 2005. Adapting to climate change: perspectives across scales. *Global Environmental Change* 15, 75–76. doi:10.1016/j.gloenvcha.2005.03.001
- Adger, W.N., Kelly, P.M., 1999. Social vulnerability to climate change and the architecture of entitlements. *Mitigation and adaptation strategies for global change* 4, 253–266.
- Alcamo, J., Ash, N.J., Butler, C.D., 2003. Ecosystems and human well-being: a framework for assessment. A report of the conceptual framework Working Group of the Millennium Ecosystem Assessment. Island Press, Washington, Covelo, London.
- Altwegg, D., 1988. Volkswirtschaftliche Auswirkungen einer Zerstörung alpiner Schutzwälder durch Luftverunreinigungen: Mögliche Bewertungsmethoden und deren Grenzen. P. Haupt, Bern.
- Altwegg, D., 1989. Die Folgekosten von Waldschäden – Bewertungsansätze für die volkswirtschaftlichen Auswirkungen bei einer Beeinträchtigung der Schutzfunktion von Gebirgswäldern, Forstwissenschaftliche Beiträge (Professur Forstpolitik und Forstökonomie). ETH, Zürich.
- Ammann, W., 2001. Integrales Risikomanagement – der gemeinsame Weg in die Zukunft. *Bündnerwald* 5, 14–17.
- Banse, G., 1996. Herkunft und Anspruch der Risikoforschung, in: *Risikoforschung Zwischen Disziplinarität Und Interdisziplinarität. Von Der Illusion Der Sicherheit Zum Umgang Mit Unsicherheit*. Edition Sigma, pp. 15–72.
- Banse, G., Bechmann, G., 1998. *Interdisziplinäre Risikoforschung. Eine Bibliographie*. Westdeutscher Verlag GmbH, Opladen/Wiesbaden.
- Barney, G.O., 1982. *The Global 2000 Report to the President: Entering the Twenty-First Century, Complete ed edition*. ed, Council on Environmental Quality. Penguin Books, Harmondsworth, Middlesex; New York.
- Barrows, H.H., 1923. Geography as human ecology. *Annals of the Association of American Geographers* 13, 1–14.
- Beck, U., 1992. *Risk society: Towards a new modernity*. Sage, London, Thousand Oaks, CA, New Delhi, India.
- Becker, E., Jahn, T., 2000. Sozial-ökologische Transformationen. Theoretische und methodische Probleme transdisziplinärer Nachhaltigkeitsforschung, in: Brand, K.W. (Ed.), *Nachhaltige Entwicklung Und Transdisziplinarität*. Analytica V.-G., pp. 67–84.
- Becker, E., Jahn, T., 2006. *Soziale Ökologie: Grundzüge einer Wissenschaft von den gesellschaftlichen Naturverhältnissen*. Campus Verlag, Frankfurt am Main; New York.
- Berg, M., Erdmann, G., Hofmann, M., Jaggy, M., Scheringer, M., Seiler, H., 1994. Was ist ein Schaden? Zur normativen Dimension des Schadensbegriffs in der Risikowissenschaft. vdf Hochschulverlag AG, Zürich.
- Berkes, F., Colding, J., Folke, C., 2003. *Navigating social-ecological systems: building resilience for complexity and change*. Cambridge University Press, Cambridge, New York, Melbourne, Madrid, Cape Town, Singapore, Sao Paulo.
- Blaikie, P., Cannon, T., Davis, I., Wisner, B., 1994. *At risk: Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters*. Taylor & Francis, London.

- Bobek, H., Schmithüsen, J., 1949. Die Landschaft im logischen System der Geographie. *Erdkunde* 3, 112–120.
- Bohle, H.-G., 1993. The geography of vulnerable food systems, in: Bohle, H.G., Downing, J.O., Inbrahim, F.N. (Eds.), *Coping with Vulnerability and Criticality. Case Studies on Food-Insecure People and Places.*, Freiburg Studies in Development Geography. pp. 15–29.
- Bohle, H.-G., 2007. Geographies of Violence and Vulnerability an Actor-Oriented Analysis of the Civil War in Sri Lanka (Geographien von Gewalt und Verwundbarkeit. Eine aktorsorientierte Analyse des Bürgerkrieges auf Sri Lanka). *Erdkunde* 61, 129–146.
- Bohle, H.-G., Downing, T.E., Watts, M.J., 1994. Climate change and social vulnerability: toward a sociology and geography of food insecurity. *Global Environmental Change* 4, 37–48.
- Bohle, H.-G., Glade, T., 2008. Vulnerabilitätskonzepte in Sozial- und Naturwissenschaften, in: Felgentreff, C., Glade, T. (Eds.), *Naturrisiken Und Sozialkatastrophen*. S. Spektrum Akademischer Verlag, pp. 99–119.
- Boyd, J., Banzhaf, S., 2007. What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units. *Ecological Economics* 63, 616–626. doi:10.1016/j.ecolecon.2007.01.002
- Brooks, N., Neil Adger, W., Mick Kelly, P., 2005. The determinants of vulnerability and adaptive capacity at the national level and the implications for adaptation. *Global Environmental Change* 15, 151–163. doi:10.1016/j.gloenvcha.2004.12.006
- Bryant, R., Bailey, S., 1997. *Third World Political Ecology: An Introduction*, 1st Ed. edition. ed. Routledge, London; New York.
- Büdel, J., 1969. Das System der klima-genetischen Geomorphologie. *Erdkunde* 23. doi:10.3112/erdkunde.1969.03.02
- Burton, R.F., 1859. The Lake Regions of Central Equatorial Africa, with Notices of the Lunar Mountains and the Sources of the White Nile; being the results of an Expedition undertaken under the patronage of Her Majesty's Government and the Royal Geographical Society of London, in the years 1857–1859. *Journal of the Royal Geographical Society of London* 29, 1–454.
- Campbell, J.Y., Vuolteenaho, T., 2003. Bad beta, good beta (NBER Working Paper No. 9509). National Bureau of Economic Research, Cambridge, Massachusetts.
- Carol, H., 1956. Zur Diskussion um Landschaft und Geographie. Kümmerly & Frey, Geogr. Verlag.
- Carpenter, S., Walker, B., Anderies, J.M., Abel, N., 2001. From metaphor to measurement: resilience of what to what? *Ecosystems* 4, 765–781.
- Carson, J., 1820. On the elasticity of the lungs. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 110, 29–44.
- Carson, R., 1962. *Silent Spring*. Boston, MA: Houghton Mifflin.
- Chambers, R., 1989. Editorial Introduction: Vulnerability, Coping and Policy. *IDS Bulletin* 20, 1–7. doi:10.1111/j.1759-5436.1989.mp20002001.x
- Chambers, R., 1994. The origins and practice of participatory rural appraisal. *World development* 22, 953–969.
- Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P., van den Belt, M., 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387, 253–260. doi:10.1038/387253a0
- Coy, M., Stötter, J., 2013. Die Herausforderungen des Globalen Wandels, in: Borsdorf, A. (Ed.), *Forschen im Gebirge: Christoph Stadel zum 75. Geburtstag*. Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien, pp. 73–94.
- Crutzen, P.J., Stoermer, E.F., 2000. The „Anthropocene“. *Global Change Newsletter. The International Geosphere–Biosphere Programme (IGBP): A Study of Global Change of the International Council for Science (ICSU)* 41, 17–18.
- Cutter, S.L., 1996. Vulnerability to environmental hazards. *Progress in Human Geography* 20, 529–539. doi:10.1177/030913259602000407
- Daily, G.C., 1997. *Nature's services: societal dependence on natural ecosystems*. Island Press, Washington, DC.
- Darwin, C., 1859. *On the origin of species*. London.
- De Chardin, P.T., 1956. *La Place de l'Homme dans la Nature: le Groupe Zoologique Humain*. Albin Michel.
- De Groot, R.S., Alkemade, R., Braat, L., Hein, L., Willemen, L., 2010. Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. *Ecological Complexity* 7, 260–272. doi:10.1016/j.ecocom.2009.10.006
- Descartes, R., 1641. *Meditationes de Prima Philosophia*. Paris.
- Diamond, J.M., 2005. *Collapse: how societies choose to fail or succeed*. Viking, New York.
- Dicks, D.R., 1970. *Early greek astronomy to Aristotle, Aspects of Greek and Roman life*. Cornell University Press, Ithaca, N.Y.
- Dikau, R., Weichselgartner, J., 2005. *Der unruhige Planet: der Mensch und die Naturgewalten*. Primus, Darmstadt.
- Ehlers, E., 2005. Mensch-Umwelt-Beziehungen als geographisches Paradigma, in: Schenk, W., Schliephake, K. (Eds.), *Allgemeine Anthropogeographie*. Klett-Perthes, Gotha; Stuttgart.
- Ehlers, E., 2008. *Das Anthropozän: die Erde im Zeitalter des Menschen*. Wiss. Buchges., Darmstadt.
- Fermers, S., Jungermann, H., 1992. Risikoindikatoren (I): Eine Systematisierung und Diskussion von Risikomaßen. *Zeitschrift für Umweltpolitik und Umweltrecht* 15, 59–84.
- Fischer, L., Purves, R.S., Huggel, C., Noetzi, J., Haeberli, W., 2012. On the influence of topographic, geological and cryospheric factors on rock avalanches and rockfalls in high-mountain areas. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 12, 241–254. doi:10.5194/nhess-12-241-2012
- Fischer-Kowalski, M., Haberl, H., Hüttler, W., Payer, H., Schandl, H., Winiwarter, V., Zangerl-Weiß, H., Macho, T., Nicolini, M., Siefert, R.P., 1997. *Gesellschaftlicher Stoffwechsel und Kolonisierung von Natur ein Versuch in Sozialer Ökologie*. G u. B Verl. Fakultas, Amsterdam.
- Fischer-Kowalski, M., Weisz, H., 1999. Society as hybrid between material and symbolic realms: Toward a theoretical framework of society-nature interaction. *Advances in Human Ecology* 8, 215–252.
- Fisher, B., Turner, R.K., Morling, P., 2009. Defining and classifying ecosystem services for decision making. *Ecological economics* 68, 643–653.
- Folke, C., 2006. Resilience: The emergence of a perspective for social–ecological systems analyses. *Global Environmental Change* 16, 253–267. doi:10.1016/j.gloenvcha.2006.04.002
- Folke, C., Hahn, T., Olsson, P., Norberg, J., 2005. Adaptive governance of social-ecological systems. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 30, 441–473.
- Frommer, B., Buchholz, F., Böhm, H.R., 2011. Anpassung an den Klimawandel – regional umsetzen! Ansätze zur Climate Adaption Governance unter der Lupe. *Raumforsch Raumordn* 69, 347–349. doi:10.1007/s13147-011-0109-z
- Fuchs, S., 2004. *Development of Avalanche Risk in Settlements: Comparative Studies in Davos, Grisons, Switzerland*.

- Fuchs, S., 2009. Susceptibility versus resilience to mountain hazards in Austria—paradigms of vulnerability revisited. *Natural Hazards Earth System Sciences* 9, 337–352. doi:10.5194/nhess-9-337-2009
- Fuchs, S., Bründl, M., Stötter, J., 2004. Development of avalanche risk between 1950 and 2000 in the Municipality of Davos, Switzerland. *Natural Hazards Earth System Sciences* 4, 263–275.
- Füssel, H.-M., Klein, R.J., 2006. Climate change vulnerability assessments: an evolution of conceptual thinking. *Climatic Change* 75, 301–329.
- Gallopín, G.C., 2002. Epistemological issues in sustainability science, Presentation at: Science and Technology for a Transition Toward Sustainability, a Symposium at the Annual Meeting of the American Association for the Advancement of Science (AAAS).
- Gallopín, G.C., 2006. Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity. *Global Environmental Change, Resilience, Vulnerability, and Adaptation: A Cross-Cutting Theme of the International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change Resilience, Vulnerability, and Adaptation: A Cross-Cutting Theme of the International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change* 16, 293–303. doi:10.1016/j.gloenvcha.2006.02.004
- Goklany, I.M., 2007. Integrated strategies to reduce vulnerability and advance adaptation, mitigation, and sustainable development. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 12, 755–786.
- Götzl, M., Schwaiger, E., Sonderegger, G., Süßenbacher, E., 2011. Ökosystemleistungen und Landwirtschaft – Erstellung eines Inventars für Österreich (Report No. REP-0355). Umweltbundesamt, Wien.
- Guillet, D., Godoy, R.A., Guksch, C.E., Kawakita, J., Love, T.F., Matter, M., Orlove, B.S., 1983. Toward a Cultural Ecology of Mountains: The Central Andes and the Himalayas Compared [and Comments and Reply]. *Current Anthropology* 561–574.
- Gunderson, L.H., Holling, C.S. (Eds.), 2002. *Panarchy: understanding transformations in human and natural systems*. Island Press, Washington, DC.
- Haeberli, W., 1990. Permafrost. *VAV Mitteilungen* 108, 71–88.
- Haeberli, W., 1991. *Alpengletscher im Treibhaus der Erde. Regio basiliensis: Basler Zeitschrift für Geographie* 32, 59–72.
- Haines-Young, R.H., Potschin, M., 2011. Common International Classification of Ecosystem Services (CICES): 2011 Update (Paper prepared for discussion at the expert meeting on ecosystem accounts organised by the UNSD, the EEA and the World Bank, London, December 2011 No. EEA/BSS/07/007). European Environment Agency, UK.
- Hammill, A., Tanner, T., 2011. Harmonising Climate Risk Management. *Adaptation Screening and Assessment Tools for Development Co-operation*. OECD Environment Working Papers. doi:10.1787/5kg706918zvl-en
- Hollenstein, K., Bieri, O., Stükelberger, J., 2002. Modellierung der Vulnerabilität von Schadenobjekten gegenüber Naturgefahrenprozessen (Vulnerability modeling of objects with regards to natural hazards), in: Veyret, Y., Garry, G. & Meschinot de Richemont, N., Armand Colin (eds) *Colloque Arche de La Défense*. pp. 22–24.
- Holling, C.S., 1973. Resilience and stability of ecological systems. *Annual review of ecology and systematics* 4, 1–23.
- Huq, S., Grubb, M., 2007. Preface. *Mitig Adapt Strat Glob Change* 12, 645–649. doi:10.1007/s11027-007-9091-8
- Hutchinson, G.E., 1970. The Biosphere. *Scientific American* 223, 45–53.
- Hutton, J., 1785. Abstract of a Dissertation read in the Royal Society of Edinburgh, upon the seventh of March, and fourth of April, MDCCCLXXXV, concerning the System of the Earth, its Duration, and Stability.
- Jóhannesson, T., 1985. The response time of glaciers in Iceland to changes in climate, in: *Annals of Glaciology. Proceedings of the Symposium on Glacier Mapping and Surveying*. Presented at the Symposium on Glacier Mapping and Surveying, Reykjavik, Iceland, pp. 100–101.
- Jóhannesson, T., Raymond, C., Waddington, E.D., 1989. Time-scale for adjustment of glaciers to changes in mass balance. *Journal of Glaciology* 35, 355–369.
- Jones, R., Hassell, D., Hudson, D., Wilson, S., Jenkins, G., Mitchell, J., 2004. *Generating high resolution climate change scenarios using PRECIS (Workbook)*. Hadley Centre for Climate Prediction and Research, Met Office, Bracknell, UK.
- Jungermann, H., Slovic, P., 1993. Charakteristika individueller Risikowahrnehmung, in: *Bayerische Rückversicherung (Ed.), Risiko Ist Ein Konstrukt*. München, pp. 89–107.
- Kates, R.W., 1962. Hazard and Choice Perception in Flood Plain Management (No. 78). University of Chicago, Department of Geography Research, Chicago.
- Kates, R.W., Clark, W.C., Corell, R., Hall, J.M., Jaeger, C.C., Lowe, I., McCarthy, J.J., Schellnhuber, H.J., Bolin, B., Dickson, N.M., Faucheux, S., Gallopín, G.C., Grübler, A., Huntley, B., Jäger, J., Jodha, N.S., Kasperson, R.E., Mabogunje, A., Matson, P., Mooney, H., Moore, B., O-Riordan, T., Svedin, U., 2001. Sustainability. *Science* 292, 641–642. doi:10.1126/science.1059386
- Keiler, M., 2004. *Determination of damage potential for Alpine Risk Assessment*. Universität Innsbruck, Inst. für Geographie.
- Kienholz, H., 2003. Early Warning Systems related to Mountain Hazards, in: Zschau, J., Küppers, A.N. (Eds.), *Early Warning Systems for Natural Disaster Reduction*. Springer, Berlin, pp. 555–564.
- Klein, R.J., Huq, S., Denton, F., Downing, T.E., Richels, R.G., Robinson, J.B., Toth, F.L., 2007. Inter-relationships between adaptation and mitigation, in: Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikoff, J.P., van der Linden, P.J., Hanson, C.E. (Eds.), *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 745–777.
- Kuhlmann, A., 1981. *Einführung in die Sicherheitswissenschaft*. Vieweg und Sohn, Wiesbaden.
- Kunreuther, H., 2001. Strategies for dealing with large-scale and environmental risks, in: Folmer, H., Gabel, L.H., Gerking, S., Rose, A. (Eds.), *Frontiers in Environmental Economics*. pp. 293–318.
- Kunreuther, H., Pauly, M., 2004. Neglecting disaster: why don't people insure against large losses? *Journal of Risk and Uncertainty* 28, 5–21.
- Lamarck, J.-B. de M. de, 1960. [1809] *Philosophie zoologique*. H. R. Engelmann; Wheldon & Wesley, Weinheim/Bergstr.; Codicote/Herts.
- Lamarque, P., Quétiér, F., Lavorel, S., 2011. The diversity of the ecosystem services concept and its implications for their assessment and management. *Comptes Rendus Biologies* 334, 441–449.
- Latour, B., 1998. *Wir sind nie modern gewesen – Versuch einer symmetrischen Anthropologie*, Auflage: 1. ed. Suhrkamp, Frankfurt am Main.

- Leiter, A.M., Pruckner, G.J., 2008. Proportionality of Willingness to Pay to Small Changes in Risk: The Impact of Attitudinal Factors in Scope Tests. *Environmental and Resource Economics* 42, 169–186. doi:10.1007/s10640-008-9214-z
- Leser, H., 2005. *Diercke-Wörterbuch Allgemeine Geographie*, Auflage: 14. Auflage. ed. Deutscher Taschenbuch Verlag, München; Braunschweig.
- Luechinger, S., Raschky, P.A., 2009. Valuing flood disasters using the life satisfaction approach. *Journal of Public Economics* 93, 620–633. doi:10.1016/j.jpubeco.2008.10.003
- Mahammadzadeh, M., Chrischilles, E., Biebeler, H., 2013. IW-Analysen 83: Klimaanpassung in Unternehmen und Kommunen: Betroffenheiten, Verletzlichkeiten und Anpassungsbedarf. IW Medien, Köln.
- Mahbub ul Haq, A.S., 1996. *Reflections on Human Development* (OUP Catalogue). Oxford University Press.
- Manabe, S., Stouffer, R.J., 1994. Multiple-century response of a coupled ocean-atmosphere model to an increase of atmospheric carbon dioxide. *Journal of climate* 7, 5–23.
- Marino, E., Ribot, J., 2012. Special Issue Introduction: Adding insult to injury: Climate change and the inequities of climate intervention. *Global Environmental Change* 22, 323–328. doi:10.1016/j.gloenvcha.2012.03.001
- Meadows, D.H., Randers, J., Meadows, D.L., Behrens, W.W., 1972. *The Limits to Growth*. Universe Books.
- Meehl, G.A., Covey, C., McAvaney, B., Latif, M., Stouffer, R.J., 2005. Overview of the Coupled Model Intercomparison Project. *Bulletin of the American Meteorological Society* 86, 89–93. doi:10.1175/BAMS-86-1-89
- Mileti, D.S., Drabek, T.E., Haas, J.E., 1975. *Human Systems in Extreme Environments: A Sociological Perspective*. Institute of Behavioral Science, University of Colorado.
- Mitchell, J.F.B., Johns, T.C., Ingram, W.J., Lowe, J.A., 2000. The effect of stabilising atmospheric carbon dioxide concentrations on global and regional climate change. *Geophysical Research Letters* 27, 2977–2980. doi:10.1029/1999GL011213
- Moore, B., 1920. The scope of ecology. *Ecology* 1, 3–5.
- Müller-Mahn, D., 2007. Perspektiven der geographischen Risikoforschung. *Geographische Rundschau* 59, 4–11.
- Neef, E., n.d. *Petermanns Geographische Mitteilungen*. 107. Jahrgang, 1963; komplett, gebunden. Gotha: Haack.
- Nowotny, H., 1982. Sociological proposals – critical comments., in: Jungermann, H., Winterfeld, D. von, Coppock, R. (Eds.), *Analysis, Evaluation and Acceptability of Hazardous Technologies and Their Risks: [Berlin, Dec. 14-16, 1981.] A Workshop Report, Discussion Papers/Internationales Institut Für Umwelt Und Gesellschaft. IIUG, Berlin*.
- Nye, J.F., 1963. On the theory of the advance and retreat of glaciers. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society* 7, 431–456. doi:10.1111/j.1365-246X.1963.tb07087.x
- O'Brien, M.J., Eriksen, S., Schjolden, A., Nygaard, L., 2004. What's in a word? Conflicting interpretations of vulnerability in climate change research. (No. 04), CICERO Working Paper 2004. CICERO Senter for klimaforskning, Oslo Norway.
- O'Brien, M.J., Holland, T.D., 1992. The role of adaptation in archaeological explanation. *American Antiquity* 57, 36–59.
- Ohne Autor, 1866. *The Mechanics of Modern Naval Warfare*. The North American review 103.
- Papathoma-Köhle, M., Kappes, M., Keiler, M., Glade, T., 2011. Physical vulnerability assessment for alpine hazards: state of the art and future needs. *Nat Hazards* 58, 645–680. doi:10.1007/s11069-010-9632-4
- Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., Co-Authors, 2007. *Technical Summary. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Paterson, W.S.B., 1969. *The Physics of Glaciers*. Pergamon Press.
- Patzelt, G., Aellen, M., 1990. Gletscher. *VAV Mitteilungen* 108, 49–70.
- Petak, W.J., Atkisson, A.A., 1982. *Natural hazard risk assessment and public policy: anticipating the unexpected*. Cambridge Univ Press.
- Popper, K.R., 1973. *Objektive Erkenntnis. Ein evolutionärer Entwurf*. Hoffmann und Campe, Hamburg.
- Pretenthaler, F., Albrecher, H., Köberl, J., Kortschak, D., 2012. Risk and Insurability of Storm Damages to Residential Buildings in Austria. *The Geneva Papers on Risk and Insurance – Issues and Practice* 37, 340–364.
- Rappaport, R.A., 1971. *Nature, culture and ecological anthropology, in: Man, culture and society*. Edited by Harry L. Shapiro. Revised ed. Oxford University Press, London.
- Raschky, P.A., Schwindt, M., Schwarze, R., Weck-Hannemann, H., 2008. Risikotransfersysteme für Naturkatastrophen in Deutschland, Österreich und der Schweiz – Ein theoretischer und empirischer Vergleich. *Vierteljahrshefte zur Wirtschaftsforschung* 77, 53–68.
- Raschky, P.A., Weck-Hannemann, H., 2007. Charity hazard – A real hazard to natural disaster insurance? *Environmental Hazards* 7, 321–329. doi:10.1016/j.envhaz.2007.09.002
- Reid, W.V., Mooney, H.A., Cropper, A., Capistrano, D., Carpenter, S.R., Chopra, K., Dasgupta, P., Dietz, T., Duraiappah, A.K., Hassan, R., Kasperson, R., Leemans, R., May, R.M., McMichael, T., Pingali, P., Samper, C., Scholes, R., Watson, R.T., Zakri, A.H., Shidong, Z., Ash, N.J., Bennett, E., Kumar, P., Lee, M.J., Raudsepp-Hearne, C., Simons, H., Thonell, J., Zurek, M.B., 2005. *Ecosystems and human well-being: synthesis*. Island Press, Washington, DC.
- Renn, O., Schweizer, P.-J., Dreyer, M., Klinke, A., 2007. *Risiko: über den gesellschaftlichen Umgang mit Unsicherheit*. Oekom-Verl., München.
- Samelson, A., 1866. *Reminiscences of a Four Months' Stay with Professor A. Von Graefe in Berlin*. *British medical journal* 1.
- Schär, C., Vidale, P.L., Lüthi, D., Frei, C., Häberli, C., Liniger, M.A., Appenzeller, C., 2004. The role of increasing temperature variability in European summer heatwaves. *Nature* 427, 332–336. doi:10.1038/nature02300
- Schneider, S.H., Semenov, S., Patwardhan, A., Burton, I., Magadza, C.H.D., Oppenheimer, M., Pittock, A.B., Rahman, A., Smith, J., Suarez, A., Yamin, F., 2007. Assessing key vulnerabilities and the risk from climate change, in: Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P.J., Hanson, C.E. (Eds.), *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 779–810.
- Schumacher, E.F., 1973. *Small is Beautiful: A Study of Economics as if People Mattered*. Blond and Briggs. London.
- Schwab, G., 1958. *Der Tanz mit dem Teufel: ein abenteuerliches Interview*. A. Sponholtz, Hannover.
- Scott, R.W., 1841. *Introductory Lecture on the Practice of Medicine*. *Prov Med Surg J* (1840) 3, 83–86.

- Sen, A., 1990. *Poverty and Famines: An Essay on Entitlement and Deprivation*. Oxford University Press, USA, Oxford; New York.
- Singh, S.J., Haberl, H., Chertow, M., Mirtl, M., Schmid, M. (Eds.), 2013. *Long term socio-ecological research studies in society-nature interactions across spatial and temporal scales*. Springer, Dordrecht; New York.
- Sintubin, M., 2008. 4.5 Billion Years of Global Change, in: Raymaekers, B. (Ed.), *Lectures for the XXIst Century*. Leuven University Press.
- Smit, B., Pilifosova, O., Burton, I., Challenger, B., Huq, S., Klein, R.J., Yohe, G., Adger, N., Downing, T., Harvey, E., Kane, S., Parry, M., Skinner, M., Smith, J., Wandel, J., 2001. *Adaptation to Climate Change in the Context of Sustainable Development and Equity*, in: McCarthy, J.J., Canziani, O.F., Leary, N.A., Dokken, D.J., White, K.S. (Eds.), *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability: Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK; New York.
- Smit, B., Wandel, J., 2006. Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. *Global Environmental Change, Resilience, Vulnerability, and Adaptation: A Cross-Cutting Theme of the International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change Resilience, Vulnerability, and Adaptation: A Cross-Cutting Theme of the International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change* 16, 282–292. doi:10.1016/j.gloenvcha.2006.03.008
- Spash, C.L., 2008. *Ecosystem Services Valuation*, in: *Socio-Economics and the Environment in Discussion CSIRO Working Paper Series*. CSIRO Sustainable Ecosystems, Canberra.
- Staub, C., Ott, W., Heusi, F., Klingler, G., Jenny, A., Häcki, M., Hauser, A., 2011. *Indikatoren für Ökosystemleistungen. Systematik, Methodik und Umsetzungsempfehlungen für eine wohlfahrtsbezogene Umweltberichterstattung*, Umwelt-Wissen: Wirtschaft. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern.
- Stötter, J., 1994. *Veränderungen der Kryosphäre in Vergangenheit und Zukunft sowie Folgeerscheinungen – Untersuchungen in ausgewählten Hochgebirgsräumen im Vinschgau (Südtirol)*. (Unveröffentlichte Habilitationsschrift). Fakultät für Geowissenschaften der Ludwig-Maximilians-Universität München, München.
- Stötter, J., Coy, M., 2008. *Forschungsschwerpunkt, Globaler Wandel-regionale Nachhaltigkeit*, Innsbrucker Jahresbericht 2003–2007. Innsbrucker Geographische Gesellschaft, Innsbruck.
- Stötter, J., Meißl, G., Rinderer, M., Keiler, M., Fuchs, S., 2002. Galtür – Eine Gemeinde im Zeichen des Lawineneignisses von 1999, in: Steinicke, E. (Ed.), *Geographischer Exkursionsführer. Europaregion Tirol – Südtirol – Trentino, Spezialexkursionen Im Bundesland Tirol (Innsbrucker Geographische Studien 33/2)*. Innsbruck, pp. 167–184.
- Suess, E., 1875. *Die Entstehung der Alpen*. W. Braumüller, Wien.
- TEEB, 2010. *The economics of ecosystems and biodiversity: mainstreaming the economics of nature: a synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB*. UNEP.
- Thielen, A.H., Kreibich, H., Müller, M., Merz, B., 2007. Coping with floods: preparedness, response and recovery of flood-affected residents in Germany in 2002. *Hydrological Sciences Journal* 52, 1016–1037.
- Thielen, A.H., Müller, M., Kreibich, H., Merz, B., 2005. Flood damage and influencing factors: New insights from the August 2002 flood in Germany. *Water resources research* 41.
- Thielen, A.H., Petrow, T., Kreibich, H., Merz, B., 2006. Insurability and mitigation of flood losses in private households in Germany. *Risk Analysis* 26, 383–395.
- Töglhofer, C., Mestel, R., Pretenthaler, F., 2012. *Weather Value at Risk: On the Measurement of Noncatastrophic Weather Risk*. *Wea. Climate Soc.* 4, 190–199. doi:10.1175/WCAS-D-11-00062.1
- Tol, R.S.J., 2005. Adaptation and mitigation: trade-offs in substance and methods. *Environmental Science & Policy* 8, 572–578.
- Turner, B.L., 2010. Vulnerability and resilience: coalescing or paralleling approaches for sustainability science? *Global Environmental Change* 20, 570–576.
- Uhlig, H., 1971. Organization and system of geography. *Geoforum* 2, 7–38. doi:10.1016/0016-7185(71)90159-X
- UNEP, 2007. *Global Environment Outlook 4: environment for development*. United Nations Environment Programme; Stationery Office [distributor], Nairobi, Kenya: London.
- UNFCCC, 1997. *Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change (Protocol No. UN Doc FCCC/CP/1997/7/Add.1, Dec. 10, 1997; 37 ILM 22 (1998))*.
- Vaughan, E., Nordenstam, B., 1991. The perception of environmental risks among ethnically diverse groups. *Journal of Cross-Cultural Psychology* 22, 29–60.
- Vayda, A.P., McCay, B.J., 1975. New directions in ecology and ecological anthropology. *Annual Review of Anthropology* 4, 293–306.
- Veulliet, E., Stötter, J., Weck-Hannemann, H. (Eds.), 2009. *Sustainable Natural Hazard Management in Alpine Environments*. Springer, Heidelberg, Dordrecht, London, New York.
- Voss, R., Mikolajewicz, U., 2001. Long-term climate changes due to increased CO₂ concentration in the coupled atmosphere-ocean general circulation model ECHAM3/LSG. *Climate Dynamics* 17, 45–60.
- Walker, B., Holling, C.S., Carpenter, S.R., Kinzig, A., 2004. Resilience, adaptability and transformability in social-ecological systems. *Ecology and Society* 9.
- Walker, B.H., Anderies, J.M., Kinzig, A.P., Ryan, P., 2006. Exploring Resilience in Social-Ecological Systems Through Comparative Studies and Theory Development: Introduction to the Special Issue. *Ecology and Society* 11.
- Wallace, K.J., 2007. Classification of ecosystem services: Problems and solutions. *Biological Conservation* 139, 235–246. doi:10.1016/j.biocon.2007.07.015
- Wardenga, U., Weichhart, P., 2006. *Sozialökologische Interaktionsmodelle und Systemtheorien – Ansätze einer theoretischen Begründung integrativer Projekte in der Geographie?* (No. 148. Jahrgang), *Mitteilungen der Österreichischen Geographischen Gesellschaft – Auf dem Weg zur „Dritten Säule“*. Österreichische Geographische Gesellschaft, Wien.
- Watts, M., Bohle, H.-G., 2003. Verwundbarkeit, Sicherheit und Globalisierung, in: Gebhardt, H., Reuber, P., Wolkersdorfer, G. (Eds.), *Kulturgeographie: Aktuelle Ansätze Und Entwicklungen*. Spektrum Akademischer Verlag, pp. 67–82.
- WBGU, 1996. *Welt im Wandel – Herausforderung für die deutsche Wissenschaft (Jahresgutachten 1996)*. Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltänderungen, Bremerhaven, Deutschland.
- WBGU, 2007. *Welt im Wandel – Sicherheitsrisiko Klimawandel (Hauptgutachten 2007)*. Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltänderungen, Bremerhaven, Deutschland.
- Weichhart, P., 1995. *Humanökologie und Geographie. Österreich in Geschichte und Literatur mit Geographie* 39, 39–55.

- Weichhart, P., 2003. Physische Geographie und Humangeographie – eine schwierige Beziehung: Skeptische Anmerkungen zu einer Grundfrage der Geographie und zum Münchner Projekt einer „Integrativen Umweltwissenschaft“, in: Heinritz, G. (Ed.), *Integrative Ansätze in der Geographie-Vorbild oder Trugbild? Münchner Symposium zur Zukunft der Geographie*, 28. April 2003. Eine Dokumentation. Presented at the Münchner Symposium zur Zukunft der Geographie, L.I.S. Verlag, München.
- Weichhart, P., 2005. Auf der Suche nach der „Dritten Säule“. Gibt es Wege von der Rhetorik zur Pragmatik, in: Müller-Mahn, D., Wardenga, U. (Eds.), *Möglichkeiten und Grenzen Integrativer Forschungsansätze in Physischer Geographie und Humangeographie*. Presented at the Forum ifl, Selbstverlag Leibniz-Institut für Länderkunde e.V., Leibniz, pp. 109–136.
- Westman, W.E., 1977. How Much Are Nature's Services Worth? *Science* 197, 960–964. doi:10.1126/science.197.4307.960
- White, G.F., 1964. Choice of adjustments to floods (Research Paper No. 93). Department of Geography Research, University of Chicago, Chicago.
- Wilhelm, C., 1997. Wirtschaftlichkeit im Lawinenschutz. Methodik und Erhebungen zur Beurteilung von Schutzmaßnahmen mittels quantitativer Risikoanalyse und ökonomischer Bewertung, Mitteilungen/Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung. Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung, 1997, Davos.
- Wilhelm, C., 1999. Kosten-Wirksamkeit von Lawinenschutzmaßnahmen an Verkehrsachsen. Wald und Landschaft. Praxishilfe.
- Wisner, B., Blaikie, P.M., Cannon, T., 2003. *At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters*, Auflage: Revised. ed. Routledge Chapman & Hall, London; New York.
- Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (Germany), 2008. *Welt im Wandel Sicherheitsrisiko Klimawandel*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.
- Woodfork, L., De Mulder, E., 2011. *International Year of the Planet Earth (Final Report)*.
- Yohe, G., Tol, R.S.J., 2002. Indicators for social and economic coping capacity—moving toward a working definition of adaptive capacity. *Global Environmental Change* 12, 25–40. doi:10.1016/S0959-3780(01)00026-7
- Young, G.L., 1974. Human Ecology as an Interdisciplinary Concept: A Critical Inquiry, in: A. MacFadyen (Ed.), *Advances in Ecological Research*. Academic Press, pp. 1–105.
- Young, T., 1814. Remarks on the Employment of Oblique Riders, and on Other Alterations in the Construction of Ships. Being the Substance of a Report Presented to the Board of Admiralty, with Additional Demonstrations and Illustrations. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 104, 303–336.
- Zalasiewicz, J., Williams, M., Haywood, A., Ellis, M., 2011. The Anthropocene: a new epoch of geological time? *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* 369, 835–841.
- Zierhofer, W., 2002. *Gesellschaft: Transformation eines Problems, Wahrnehmungsgeographische Studien*. BIS Verlag, Oldenburg.

