

A photograph of a large, multi-story red brick building with many windows, likely a university building, set against a blue sky with light clouds. In the foreground, there is a green lawn and a sign for the University of Passau.

**Passauer**

**11**

**Kontaktstudium**

**Geographie**

A collage of three landscape images: a rocky mountain range under a blue sky, a desert with orange sand dunes and a blue lake, and a lush green landscape with palm trees and a cow.

**Ökozonen  
im Wandel**

Herausgegeben von Dieter Anhuf,  
Thomas Fickert und Friederike Grüninger

Selbstverlag Fach GEOGRAPHIE der Universität Passau

2011. 184 Seiten, DIN A4 broschiert. 114 Farbabbildungen, 7 Tabellen und 96 Farbbilder.  
Nur noch als hochauflösende PDF-Dokumente auf CD-ROM für € 20,— erhältlich

## Inhaltsverzeichnis

■ Vorwort .....	7
■ Dieter Anhuf, Thomas Fickert und Friederike Grüninger Ökozonen im Wandel – eine Einführung .....	9
■ Dieter Anhuf Einführung in die globalen Umweltveränderungen – Fakten, Hintergründe und mögliche Entwicklungen .....	11
■ Siegmund-Walter Breckle Vegetationszonen und Klima – gestern, heute und morgen .....	27
■ Friederike Grüninger Einheiten, Grenzen und Übergänge in Ökosystemen .....	37
■ Dirk Wundram Umweltveränderungen in der subpolaren und borealen Ökozone .....	53
■ Burkhard Neuwirth Jahrringe als Indikator für Klima- und Umweltveränderungen in Mitteleuropa .....	67
■ Astrid Bendix und Jörg Bendix Trends und Prognosen des Klimawandels auf ökozonaler Ebene: der mediterraner Raum am Beispiel Malta .....	79
■ Siegmund-Walter Breckle Der verlorene Aralsee – aber 60 000 km <sup>2</sup> Neuland! .....	91
■ Dieter Anhuf und Patricia Sotto-Mayor Anhuf Die tropischen Regenwälder – verlieren wir das Paradies zum zweiten Mal? .....	101
■ Thomas Fickert Höhenstufen in Gebirgen – ein vertikales Spiegelbild der Ökozonen der Erde? .....	117
■ Harald Pauli, Michael Gottfried und Georg Grabherr Nemorale und mediterrane Hochgebirge: Klima, Vegetationsstufen, Artenvielfalt und Klimawandel am Beispiel der Alpen und der spanischen Sierra Nevada .....	145
■ Michael Richter und Thorsten Peters Klimavielfalt, Klimawandel und Klimafolgen in den tropischen Anden .....	159
■ Cyrus Samini, Kim André Vanselow, Tobias Kraudzun, Khudodod Aknazarov und Hermann Kreutzmann Der Ostpamir nach der Unabhängigkeit Tadschikistans – Landnutzungsverhältnisse und Ökologie .....	175

Thomas Fickert und Friederike Grüninger

## Vorwort

Der vorliegende Band enthält die schriftlichen Fassungen der Vorträge, die im Rahmen der vom Lehrstuhl für Physische Geographie der Universität Passau ausgerichteten 11. Tagung des *Passauer Kontaktstudium Geographie* im Oktober 2010 gehalten wurden. Das Rahmenthema der Veranstaltung war „Ökozonen im Wandel“. Die Geographie als interdisziplinäre Wissenschaft zielt bei der schulischen Ausbildung im Rahmen ihrer Unterrichtsschwerpunkte darauf ab, Wissen über die Naturräume der Erde sowie über das Leben und Wirtschaften der Menschen in ihnen zu vermitteln. Auch über die Erkenntnis, welche Auswirkungen menschliche Eingriffe in den Naturhaushalt haben, soll sich das Wissen über das globale Ordnungssystem der Ökozonen erweitern, mit nachhaltigen Einsichten in deren Struktur, Funktion und Gefährdung. Die erworbenen Kenntnisse und Fertigkeiten werden in ausgewählten Themenbereichen vertieft, um durch das Verständnis vom Zusammenwirken verschiedener Naturfaktoren die Grundlagen für eine vernetzte geökologische Betrachtungsweise zu schaffen. Auf globalem Maßstab zeigt sich auch durch die Berücksichtigung aktueller raumrelevanter Ereignisse die interdisziplinäre Stärke der Geographie; so werden Verfügbarkeit, Nutzung, Gefährdung und Schutz ausgewählter Ressourcen von hoher Zukunftsbedeutung im Kontext einer nachhaltigen Entwicklung behandelt und diskutiert. Das Konzept der Kontaktstudiumstagung und auch des nun vorliegenden begleitenden Kontaktstudiumsbandes sah dementsprechend vor, das Thema „Ökosysteme im Wandel“ möglichst breit gefächert zu behandeln.

Die Durchführung der Tagung mit einer großen Anzahl auswärtiger Gastreferenten wäre ohne die finanzielle Unterstützung durch das *Zentrum für Lehrerbildung, Fach- und Hochschuldidaktik (ZLF)* der Universität Passau nicht möglich gewesen. Nur durch dessen finanzielle Zuwendung konn-

ten die Reisekosten abgedeckt werden, wofür wir unseren herzlichen Dank aussprechen wollen. Der Universität Passau wollen wir darüber hinaus für die logistische und finanzielle Unterstützung danken, dem Veranstaltungsreferat für die Organisation und Durchführung der Kaffeepausen.

Neben den eingeladenen Rednern, die mit ihren Vorträgen maßgeblich zum Gelingen der Tagung, mit ihren Artikeln aber auch zur Realisierung des vorliegenden Bandes beigetragen haben, gilt unser Dank an dieser Stelle auch dem *Bayerischen Staatsministerium für Unterricht und Kultus*. Neben der Anerkennung der Tagung als offizielle staatliche Fortbildungsveranstaltung für Geographielehrer an bayerischen Realschulen und Gymnasien ermöglichte es der gesicherte Erwerb von 310 Exemplaren für die bayerischen Schulen, dass der vorliegende Band 11 in der Schriftenreihe *Passauer Kontaktstudium Geographie* zum ersten Mal vollständig in Farbe erscheinen konnte.

Danken wollen wir des Weiteren den Dienststellen der Ministerialbeauftragten in Niederbayern, für die Gymnasien Herrn StD *Hermann Königer* und für die Realschulen Herrn OStR *Marco Schönauer*, sowie dem Fachreferenten für Geographie an den Gymnasien in Niederbayern Herrn OStR *Martin Parche* für die gute Zusammenarbeit.

Abschließend möchten wir unserem Kartographen Herrn Erwin Vogl herzlich dafür danken, die aufwendige Druckvorbereitung und graphische „Politur“ der Artikel in gewohnt präziser Weise übernommen zu haben, und den Band darüber hinaus durch eine den Farbdruckmöglichkeiten angepassten Neugestaltung des Layouts zu einem echten „Hingucker“ zu gestalten.

Passau, im Winter 2010/11

*Dieter Anhuf, Thomas Fickert und Friederike Grüninger*

Herausgegeben von Dieter Anhuf,  
Thomas Fickert und Friederike Grüninger

Selbstverlag Fach GEOGRAPHIE der Universität Passau

Dieter Anhuf, Thomas Fickert und Friederike Grüninger

## Ökozonen im Wandel – eine Einführung

Seit der Gründung des *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)* durch die *World Meteorological Organization (WMO)* und das *United Nations Environment Programme (UNEP)* im Jahre 1988 wird den Aspekten Klima, Klimaveränderungen und Klimaprognosen bei der Behandlung sozialer und wissenschaftlicher Fragen immer größere Beachtung geschenkt, da erkannt wurde, dass sowohl der natürliche als auch der vom Menschen verursachte Klimawandel direkte Folgen für unsere Umwelt und für unsere Gesellschaft hat. Das Hauptziel der Arbeit des IPCC ist die Sammlung von wissenschaftlichen Daten und Informationen zu den Fragen, wie sich das Klima der Erde – infolge natürlicher Prozesse, aber auch menschlicher Aktivitäten – in der Vergangenheit verändert hat und wie es sich in Zukunft entwickeln wird. Das Hauptaugenmerk ist dabei vor allem darauf gerichtet, wie Ökosysteme bzw. deren Teilsysteme auf den Ebenen der Bio-, Geo- und Anthroposphäre generell reagieren und wie sich diese im Bezug zu unterschiedlichen Intensitätsstufen des Klimawandels verhalten werden.

Der vorliegende Band gliedert sich dem Tagungsablauf entsprechend in drei Teilbereiche. Ein erster Themenblock setzt sich mit allgemeinen Grundlagen zum Rahmenthema auseinander. In einem einführenden Artikel von **Dieter Anhuf** zu globalen Umweltveränderungen wird anhand verschiedener Beispiele gezeigt, dass das Klima als dynamischer Faktor in der erdgeschichtlichen Entwicklung verstanden werden muss, der nicht nur zeitlich, sondern auch räumlich großen Schwankungen unterworfen ist und war. Neben der Ungleichverteilung der globalen Beleuchtungsverhältnisse, den Veränderungen der atmosphärischen Bestandteile und der variierenden Land-See-Ratio auf den beiden Erdhemisphären sind die verschiedenen physikalischen Eigenheiten der einzelnen Landschaftsräume ausschlaggebend für die räumliche Differenzierung der Geosphäre. Während aber durch Fluktuationen und Veränderungen dieser Parameter in der Vergangenheit der Ursprung von Klimaschwankungen natürlicher Art war, ist die Klimaentwicklung der letzten 50 Jahre größtenteils auf den Einfluss des Menschen zurückzuführen.

Den engen Zusammenhang zwischen einer klimatischen Zonierung der Erdoberfläche und einer Einteilung der Erde in Vegetationszonen beleuchtet **Siegmar-Walter Breckle** in seinem Artikel „Vegetationszonen und Klima – gestern, heute und morgen“. Explizit wird hier auch auf Reaktionen der Zonobiome auf vergangene Klimaschwankungen eingegangen, die sich aus verschiedenen Klimaarchiven erschließen lassen, da aus den Entwicklungen in der Vergangenheit auch Prognosen für die Zukunft abgeleitet werden können.

Die einzelnen Vegetationszonen der Erde unterscheiden sich in ihren Kernbereichen generell klar voneinander. Die zur Abgrenzung der einzelnen Bereiche herangezogenen Parameter ändern sich aber keineswegs sprunghaft an den

„Grenzen“, sondern zeichnen sich auf lokaler und regionaler Ebene eher durch graduelle Übergänge aus. In ihrem Artikel geht **Friederike Grüninger** solchen Ökotonen oder Übergangsbereichen auf den Grund und zeigt unterschiedliche natürliche und anthropogene Ursachen und damit sprichwörtlich den „Grenzen“ ihre Grenzen auf. Die Beschäftigung mit derartigen Fragen ist vor dem Hintergrund eines globalen Klimawandels von besonderer Bedeutung, da Ökotonbereiche in der Regel besonders sensitiv und mit einer viel geringeren Verzögerungszeit als die Kernbereiche von Lebensgemeinschaften auf Umweltveränderungen reagieren sowie als Puffer zwischen angrenzenden Gemeinschaften dienen und deren Stabilität verlängern.

Trends und Prognosen des Landschaftswandels auf ökozonaler Ebene sind die zentrale Thematik der Artikel des zweiten Themenblocks, in dem multifaktorielle Umweltveränderungen innerhalb bestimmter, in der Regel meridional aufeinander folgender Landschaftsgürtel exemplarisch vorgestellt werden. **Dirk Wundram** zeigt am Beispiel der subpolaren und borealen Zone, in denen sich sowohl in thermischer als auch in hygrischer Hinsicht überproportionale Klimaveränderungen im Vergleich zum globalen Mittel abzeichnen, die Bedeutung regionaler Klimafolgenforschung. Neben Klimaveränderungen hat darüber hinaus auch die mehrere Jahrhunderte zurückreichende Rentierbeweidung den Vegetationsbesatz der Tundren nachhaltig verändert, was die überlagernde Bedeutung der menschlichen Nutzung für den Landschaftswandel in Ökozonen belegt.

Mithilfe der Analyse von Jahrringen als einem der wichtigsten Umweltarchive mit hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung gewährt **Burkhard Neuwirth** umfassende Einblicke in die jüngeren Klima- und Umweltveränderungen in Mitteleuropa. Über die Beschreibung von Klima-Wachstums-Beziehungen wird außerdem deutlich, welche Klimaelemente signifikant das Wachstum verschiedener Baumarten beeinflussen und welche weiteren Umweltfaktoren eine steuernde Rolle innerhalb des komplexen Wirkungsgefüges spielen, das das Baumwachstum bestimmt. Aufgrund derartiger Erkenntnisse werden plausible Prognosen für die zukünftige Waldentwicklung im Zeichen des Klimawandels ermöglicht.

Die Auswirkungen des für den Mittelmeerraum prognostizierten Klimawandels mit einer Abnahme an Niederschlägen und einer gleichzeitigen Temperaturzunahme wird am Extrembeispiel des maltesischen Archipels von **Astrid Bendix und Jörg Bendix** verdeutlicht. Das zentrale Problem des Inselstaats ist die Wasserknappheit, die sich aus den Wechselbeziehungen zwischen mediterranem Klimaregime und hydrogeologischen Gegebenheiten ergibt. Mit ihr hatten die Bewohner der Inselgruppe seit jeher umzugehen. Durch den stetig steigenden Bevölkerungs- und Tourismusdruck hat sich dieses Problem jedoch dramatisch verschärft. Gekoppelt an

die ernüchternden Prognosen für die zukünftige klimatische Entwicklung im Mittelmeerraum werden potenzielle Folgen für die Umweltressourcen und Ökosysteme der Inselgruppe vorgestellt und diskutiert.

Dieter Anhuf und Patricia Sotto-Mayor Anhuf betrachten die Rolle der tropischen Regenwälder im Rahmen des globalen Klimawandels. Hierbei wird sowohl die Bedeutung des Ökosystems für das globale Klimasystem herausgearbeitet, als auch umgekehrt die Auswirkungen des globalen CO<sub>2</sub>-Anstiegs auf die tropischen Regenwälder selbst näher untersucht. Des Weiteren werden die ökosystemaren Dienstleistungen der tropischen Feuchtwälder jenseits von Kohlenstoff und Klimawandel diskutiert.

Ein sicherlich extremes Beispiel anthropogener Umweltzerstörung beleuchtet Siegmund-Walter Breckle in seinem Artikel über den Aralsee in den hochkontinentalen Bereichen Innerasiens, dessen Schrumpfung ein einmaliges Zeugnis über die großflächige und anhaltende unsachgemäße Bodennutzung durch die sowjetische Planwirtschaft abgibt. Die Bewässerung spielte in diesem Raum zu allen Zeiten eine zentrale Rolle für die landwirtschaftliche Produktion. Seit den 1960er Jahren wurden die Zuflüsse des abflusslosen Endsees aber zunehmend rücksichtslos für die Erzeugung von cash crops wie etwa Baumwolle ausgebeutet, was den Aralsee austrocknen und eine neue Wüste, die Aralkum, entstehen lässt. Ökologisch zweifellos fatal, bieten die 60 000 km<sup>2</sup> trocken gefallener Seeböden – das entspricht einer Fläche, die größer ist als die der Niederlande – aus wissenschaftlicher Sicht spannende Einblicke in die Sukzessionsabläufe eines jungen terrestrischen Ökosystems auf großer Maßstabsebene. Im Prinzip handelt es sich, wie der Autor anmerkt, um das größte Sukzessionsexperiment, das die Menschheit (unabsichtlich) jemals durchgeführt hat.

Ein weiterer Themenblock behandelt die Hochgebirge der Erde als dritte Dimension innerhalb der ökologischen Gliederung der Erde. Mit steilen, vertikalen Umweltgradienten, komplexen Störungsregimen, spezialisierten Landnutzungsformen und einer engen Staffelung von Vegetationsgürteln gelten Hochgebirge als besonders klimasensitive Räume. Der Frage, inwiefern die klimabedingte Vegetationshöhenstufung in Gebirgen ein vertikales Abbild der (ebenfalls klimatisch) gesteuerten horizontalen Abfolge von Vegetations- bzw. Ökozonen darstellt, geht einleitend Thomas

Fickert nach, eine Fragestellung übrigens, mit der sich bereits Alexander von Humboldt beschäftigte, die aber bis heute ganz unterschiedlich beantwortet wird.

Im weiteren Verlauf werden anhand von drei Beispieluntersuchungen Auswirkungen von Umweltveränderungen auf Gebirgsregionen vertieft und diskutiert. Der Artikel von Harald Pauli, Michael Gottfried und Georg Grabherr beschäftigt sich mit einer vergleichenden Betrachtung zwischen den nemoralen Alpen und der mediterranen Sierra Nevada in Spanien. Nach der Behandlung wesentlicher klimatischer, vegetationsökologischer und biogeographischer Unterschiede der beiden Gebirgsräume werden bereits zu beobachtende Effekte des Klimawandels auf die Hochgebirgsflora der beiden Gebirgsräume aufgezeigt und die möglichen Auswirkungen einer fortgesetzten Klimaerwärmung diskutiert.

Sehr viel schwieriger ist diese Frage zu Reaktionen von Gebirgsräumen auf Klimaveränderungen in den tropischen Anden zu beantworten. Der Artikel von Michael Richter und Thorsten Peters macht deutlich, dass in den tropischen Bergregenwäldern Ecuadors nicht wie in den Außertropen von einer gleichsinnigen Anhebung ganzer Höhenstufen ausgegangen werden kann. Durch die schon heute existierende enge topographische Kammerung werden insbesondere sich ändernde Feuchtigkeitsverhältnisse die Ökosysteme in den tropischen Gebirgsräumen wesentlich nachhaltiger beeinflussen, als das in den Außertropen der Fall ist.

Dass Umweltveränderungen nicht nur auf Klimaveränderungen zurückzuführen sind, wurde bereits im Artikel zum Aralsee klar. Ein weiteres Beispiel sozio-ökonomischer Veränderungen und ihrer Auswirkung auf den Landnutzungswandel und zentrale Ökosystemkomponenten werden am Beispiel des tadschikischen Ost-Pamir von Cyrus Samimi, Kim André Vanselow, Tobias Kraudzun, Khudodod Aknazarov und Hermann Kreutzmann vorgestellt. Der Zusammenbruch der Sowjetunion und die damit verbundene Unabhängigkeit Tadschikistans (sowie der übrigen zentralasiatischen Nachfolgestaaten) schufen neue Besitzverhältnisse, die zusammen mit der Privatisierung der Viehwirtschaft zu veränderten Nutzungsgewohnheiten auf den Hochweiden führten. Gegenwärtig schlagen die dadurch verursachten Veränderungen des Naturraumes hier stärker zu Buche, als die zum jetzigen Zeitpunkt zu erwartenden Veränderungen durch den Klimawandel.

Herausgegeben von Dieter Anhuf,  
Thomas Fickert und Friederike Grüninger

# Einführung in die globalen Umweltveränderungen – Fakten, Hintergründe und mögliche Entwicklungen

## Beispiele aus Brasilien und dem tropischen Westafrika

Mit 15 Abbildungen und einem Bild

### 1 Didaktische Zielsetzung und Einleitung

Seit 1990 spielen das Klima, Klimaveränderungen und Klimaprognosen eine immer größer werdende Rolle in sozialen und wissenschaftlichen Fragen. Der natürliche und der vom Menschen verursachte Klimawandel haben direkte Folgen für unsere Umwelt und für unsere Gesellschaft. Seit Beginn der 1970er Jahre des 20. Jahrhunderts führte das Wissen um den steigenden Einfluss des Menschen auf die Atmosphäre und das Klima der Erde zu einer weltweiten Zusammenarbeit um die Dimensionen, die Ursachen und die Folgen des anthropogenen Klimawandels zu untersuchen (HOUGHTON et al. 2001) und um die möglichen Auswirkungen auf die zukünftige Klimaentwicklung vorherzusagen. Dieses beinhaltet zum einen ein besseres Verständnis der natürlichen Klimavariabilität und Klimastabilität und zum anderen der Wechselwirkungen zwischen Atmosphäre, Biosphäre und den Ozeanen.

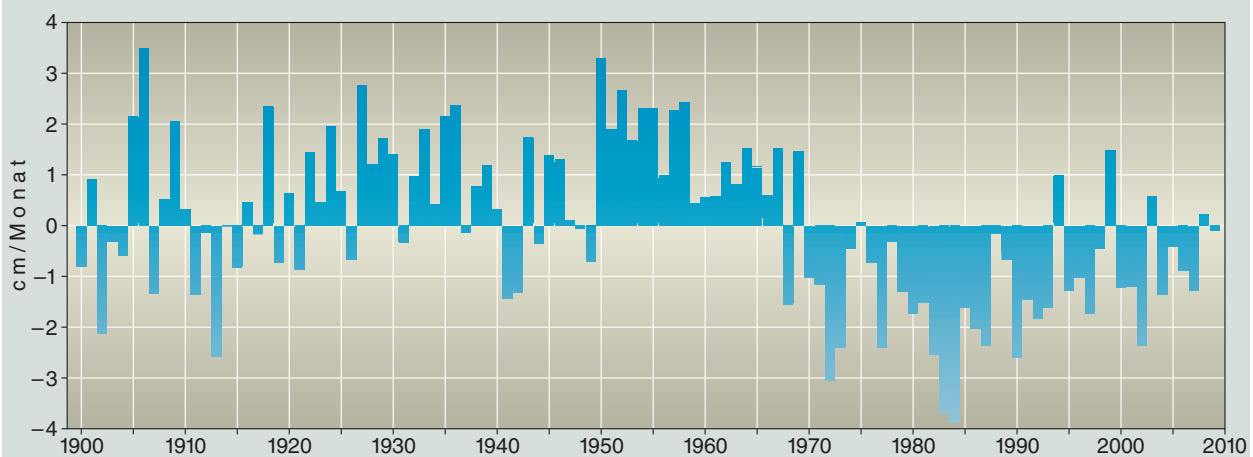
Vor allem in klimasensitiven Regionen, in denen z. B. der Regenfeldbau und die Bewässerungslandwirtschaft einen großen Anteil an der Nahrungsversorgung und der Lebensmittelsicherheit haben, spielen Niederschlagsschwankungen sowie die zeitliche und räumliche Verteilung der Niederschläge eine entscheidende Rolle. Dies trifft teilweise für Westafrika zu, wo z. B. die Gründe für die ausgeprägte Dürre in den frühen 1970ern und 1980ern immer noch unklar sind (NICHOLSON 2000) (Abb. 1). Dürren sind ein wiederkehrendes Problem in der Sahelzone in Westafrika, obwohl es den Anschein hat, dass die äquatorialen Bereiche kaum davon betroffen zu sein scheinen, obwohl sie unmittelbar

südlich an die Sahelzone anschließen. Die letzte große Dürre, die gleichzeitig die schlimmste seit Beginn der meteorologischen Aufzeichnungen war, dauerte eine ganze Dekade von 1972 bis 1984 (ANHUF 2009). Damals verringerte sich sogar in den äquatorialen Regionen der Niederschlag. Während dieser Dürre starben mehr als 100 000 Menschen; 1975 waren in Mali, Niger und Mauretanien mehr als 750 000 Menschen auf Hilfslieferungen angewiesen (UNEP – Africa Environment Outlook; <http://www.grida.no/publications/other/aeo/> – Zugriff: 02/2011). Die Ursachen für die großen Niederschlagsschwankungen in der Sahelzone zu verstehen ist eine große Herausforderung für die klimatologische Forschung, vor allem weil der Naturraum sowie wirtschaftliche und soziale Aspekte in großen Teilen Westafrikas durch die Trockenheit beeinflusst werden.

Später, im Jahre 1988, wurde das *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)* durch die *World Meteorological Organisation (WMO)* und das *United Nations Environment Program (UNEP)* gegründet. Seit dieser Zeit hat das IPCC eine Reihe von Klimaberichten veröffentlicht. Zu nennen sind hier vor allem die Berichte aus den Jahren 1990, 1995, 2001 und 2007. Das Hauptziel der Arbeit des IPCC ist die Sammlung von wissenschaftlichen Daten und Informationen zu den Fragen, wie das Klima der Erde sich verändert hat oder verändert – infolge menschlicher Aktivitäten aber auch natürlicher Prozesse – und wie sich das Klima in Zukunft verändern wird. Ein Hauptaugenmerk wird vor allem darauf gerichtet, wie sensibel die Landwirtschaft, die Wasserversorgung, die Ökosysteme und die Gesundheit der Menschen auf den Kli-

Abb. 1: Abweichungen der jährlichen Niederschlagsmengen (Juni bis Oktober) vom Mittelwert im Sahel von 1900 bis 2009.

Quelle: [http://jisao.washington.edu/data\\_sets/sahel/](http://jisao.washington.edu/data_sets/sahel/) – Zugriff: 02/2011.



mawandel generell bzw. auf verschiedene Intensitätsstufen des Klimawandels reagieren werden (IPCC 2007; <http://www.ipcc.ch/> – Zugriff: 02/2011).

In den folgenden Abschnitten soll eine kleine Auswahl von bedeutenden und eindeutigen Beobachtungen zum Klimawandel in der jüngeren Vergangenheit näher ausgeführt werden.

## 2 Eindeutige Beobachtungen zum Klimawandel

### 2.1 Beobachtungen des Klimawandels an der Erdoberfläche und in der Atmosphäre

Die globale Durchschnittstemperatur hat sich um  $0,74\text{ °C} \pm 0,18\text{ °C}$  erhöht, wenn man über die letzten 100 Jahre einen linearen Trend zugrunde legt (1906–2005). Die Geschwindigkeit der Erwärmung hat sich in den letzten 50 Jahren fast verdoppelt ( $0,13\text{ °C} \pm 0,03\text{ °C}$  vs.  $0,07\text{ °C} \pm 0,02\text{ °C}$  pro Dekade). Weltweit gesehen waren die 1990er Jahre die wärmste Dekade und 1998 bzw. 2005 die wärmsten Jahre seit Beginn der instrumentellen Wetterbeobachtungen im Jahre 1861 (IPCC 2007) (Abb. 2).

Ebenso waren in Deutschland die letzten 10 Jahre des 20. Jahrhunderts die wärmsten der letzten 100 Jahre. Die Durchschnittstemperatur hat sich in Deutschland seit 1901

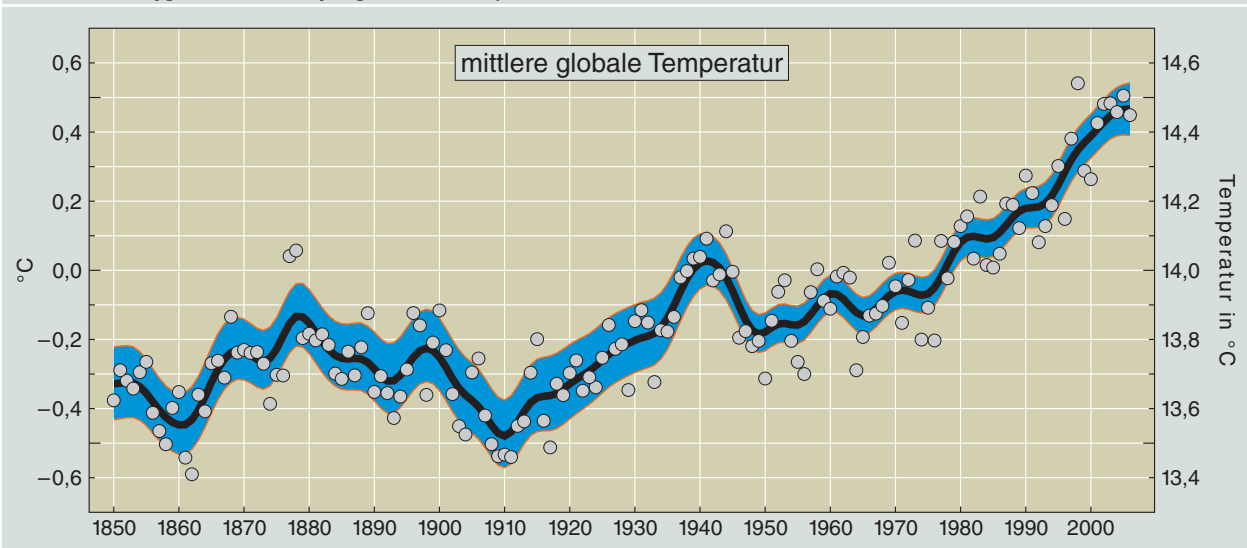
um  $0,8\text{ °C}$  erhöht (Abb. 3). Vor allem in den mittleren und höheren Lagen hat sich die frostfreie Phase verlängert, wodurch sich andererseits die Vegetationszeit ebenfalls ausgedehnt hat. Bereits jetzt lässt sich bei Pflanzen und Tiergesellschaften eine polwärtige Verschiebung der Lebensräume feststellen. Ebenso verlagern sich die Lebensräume im Gebirge in die Höhe. Als Folge der Erwärmung beginnt die Blütezeit der meisten Pflanzen in Deutschland heute knapp zwei Wochen früher als in den 1960er Jahren des vorigen Jahrhunderts (Abb. 4).

### 2.2 Eis und Schneebedeckung

Satellitenbilddaten zeigen, dass sich seit den späten 1960er Jahren die Bedeckung von Schnee und Eis auf der Erde um 10 % verringert hat. Während des 20. Jahrhunderts hat sich die Dauer der Eisbedeckung auf den Seen und Flüssen der nördlichen Hemisphäre in den mittleren und höheren Breiten um 2 Wochen pro Jahr verkürzt. In den nicht polaren Gebieten haben die Gletscher während des 20. Jahrhunderts erheblich an Masse verloren.

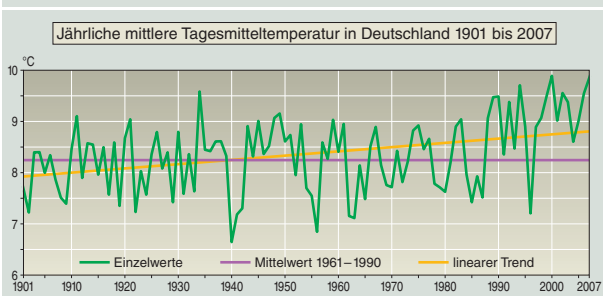
Der Morteratsch-Gletscher in Graubünden (Schweiz) ist der größte Gletscher in der Berninagruppe und der drittgrößte, und vom Volumen her ( $1,2\text{ km}^3$ ) der größte, Gletscher in den östlichen Alpen. Mit seiner ausgeprägten Gletscherfront gilt er als ein typischer Talgletscher.

**Abb. 2:** Beobachtete Änderungen der mittleren globalen Erdoberflächentemperatur. Die Änderungen beziehen sich auf das Mittel des Zeitraums von 1961 bis 1990. Die geglätteten Kurven repräsentieren die über ein Jahrzehnt gemittelten Werte, während Kreise die Jahreswerte darstellen. Die blauen Flächen zeigen die geschätzten Unsicherheitsbereiche aufgrund einer umfangreichen Analyse bekannter Unsicherheiten.



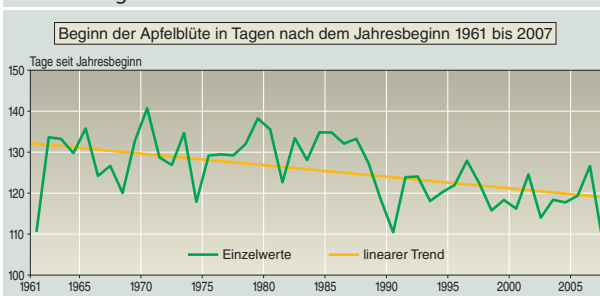
Quelle: IPCC 2007, S. 6; <http://www.ipcc.ch/pdf/reports-nonUN-translations/deutsch/IPCC2007-WG1.pdf> – Zugriff: 02/2011.

**Abb. 3:** Jährliche mittlere Tagesmitteltemperatur von 1901 bis 2007 in Deutschland.



Quelle: Deutscher Wetterdienst (DWD), Mitteilung vom 22. September 2008.

**Abb. 4:** Beginn der Apfelblüte in Tagen nach dem Jahresbeginn von 1961 bis 2007 in Deutschland.



Quelle: Deutscher Wetterdienst (DWD), Mitteilung vom 25. September 2008.

Am Beispiel des Morteratsch-Gletschers lässt sich der Rückgang der Gletscher während der letzten 150 Jahre gut nachvollziehen. Die Moräne von 1875 ist auf der linken Seite des Gletschers gut zu erkennen. Seit 1875 hat der Gletscher annähernd 15 % seiner Oberflächenausdehnung und 25 % seiner ursprünglichen Länge verloren. In der Zeit von 1875 bis 1999 zog sich der Gletscher um 2 km zurück, das entspricht einer jährlichen Rate von fast 17 m/Jahr. Diese Rate wurde in den letzten Jahren sogar noch übertroffen; der Gletscher zog sich 1998/1999 um 38,9 m und 2002/2003 sogar um 76,5 m zurück. Seit der Jahrtausendwende konnte der Gletscher nur ein einziges Mal, und zwar 2003/2004, einen Zuwachs von 10,3 m verbuchen (<http://glaciology.ethz.ch/messnetz/data/morteratsch.html> – Zugriff: 02/2011) (Abb. 5).

### 2.3 Niederschlag

Allgemein kann man sagen, dass eine Temperaturänderung die am einfachsten zu messende klimatische Größe ist. Änderungen der atmosphärischen Feuchte, des Niederschlags und der atmosphärischen Zirkulation sind aber genauso von den klimatischen Veränderungen betroffen. Die Sonneneinstrahlung beeinflusst direkt die Verdunstungsvorgänge auf der Erdoberfläche und somit auch die fühlbare Wärme. Im Weiteren führt ein Anstieg der Temperatur zu einer gesteigerten Wasserdampfkapazität der Atmosphäre. Sie nimmt mit einer Rate von etwa 7 % pro °C zu. Durch die genannten Faktoren wird der Wasserkreislauf und hier vor allem der Niederschlag beeinflusst (Menge, Frequenz, Intensität, Dauer und Typ) (TRENBERTH et al. 2007).

Der Niederschlag ist ein Bestandteil des Wasserkreislaufs der Erde. Der Wasserkreislauf setzt sich aus dem Niederschlag, der Evaporation, der Transpiration, dem Oberflächenabfluss, dem unterirdischen Abfluss, der Interzeption (Niederschlag, der durch die Vegetation zurückgehalten wird), dem Abfluss durch die Vegetation und der Speicherung von Wasser im Boden, im Grundwasser und in den Ozeanen zusammen.

Der atmosphärische Wasserdampf wird durch die Verdunstung über den Ozeanen, den Seen und der Landoberfläche gebildet (Evaporation) sowie durch die Abgabe von Wasser über die Stomata der Pflanzen (Transpiration). Die Energie, die benötigt wird, um das Wasser zu verdampfen, wird von der Sonne geliefert. Der Wasserdampf steigt in die höheren Schichten der Atmosphäre auf, kühlt mit zunehmender Höhe ab und kondensiert schließlich zu Wolken, die

dann wiederum Regentropfen bilden. Die Energie, die für die Verdunstung des Wassers benötigt wurde, ist in Form latenter Energie im Wasserdampf gespeichert. Kondensiert das Wasser, so wird diese gespeicherte Energie in Form von Wärme wieder abgegeben. Die Regentropfen fallen schließlich als Niederschlag zurück auf die Erdoberfläche (ANHUF 2002).

Der Niederschlag über den Kontinenten hat nördlich von etwa 30° N in der Periode von 1900 bis 2005 zugenommen. In den Tropen ist aber ein Negativtrend seit den 1970er Jahren zu verzeichnen. Im Bereich von etwa 10° N bis 30° N kam es von 1900 bis 1950 zu einem markanten Anstieg der Niederschlagsmenge, seit 1970 ist die Regenmenge allerdings wieder rückläufig. Vor allem seit 1976/1977 verzeichnen die inneren Tropen zwischen 10° N und 10° S große Niederschlagsdefizite. Die Werte aus den Tropen beeinflussen den globalen Durchschnitt im Besonderen, denn zwischen 15° S und 20° N fällt annähernd die Hälfte der globalen Niederschlagssumme (LAUER, BENDIX 2006).

In den östlichen Bereichen von Nord- und Südamerika sowie in Nordeuropa und in Nord- und Zentralasien hat der Niederschlag stark zugenommen. Im Sahel (Abb. 1), im Mittelmeerraum sowie in den südlichen Teilen von Afrika und Asien ist es trockener geworden. Die Muster der Niederschlagsänderung sind räumlich und zeitlich wesentlich variabler als Temperaturänderungen. Wo sie aber auftreten, lassen sich auch Veränderungen in der atmosphärischen Zirkulation messen (TRENBERTH et al. 2007).

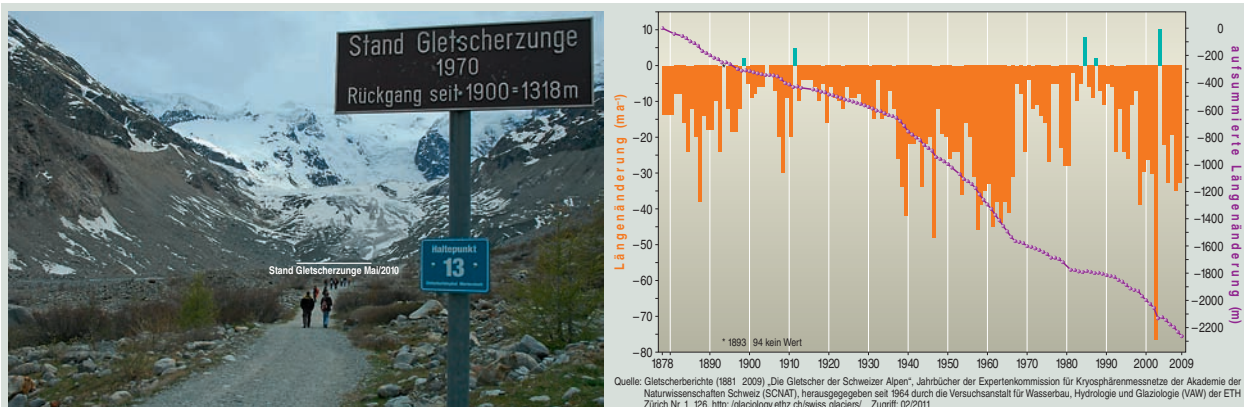
Nach dem neusten IPCC-Bericht von 2007 hat der Niederschlag im Amazonasbecken und im südöstlichen Südamerika, einschließlich Patagonien zugenommen (Abb. 6). Für Chile und Teile der Westküste war eine Abnahme für den Zeitraum von 1901 bis 2005 zu verzeichnen.

Die stärkste Abnahme überhaupt wurde über dem westlichen Afrika und im Sahel gemessen. DAJ et al. (2004) bemerkten aber auch, dass sich der Niederschlag im Sahel seit den 1990er Jahren gegenüber der Trockenheit der frühen 1980er Jahren wieder beträchtlich erhöht hat, wenn auch die Mittelwerte der Gesamtperiode noch nicht wieder vollständig erreicht worden sind (TRENBERTH et al. 2007). Eine weitere Diskussion erfolgt in Kapitel 4.

## 3 Ursachen für den Klimawandel

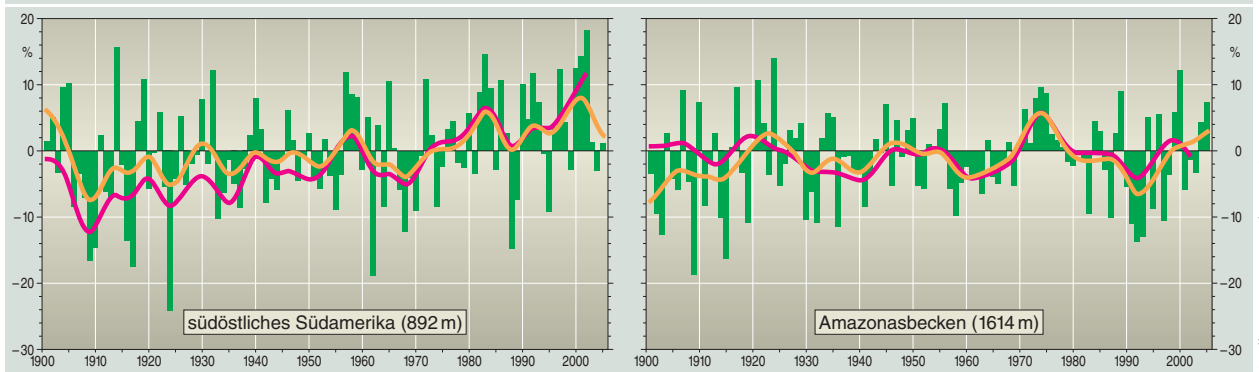
Auslöser für Klimaänderungen sind zwei Faktorenkomplexe: zum einen interne Faktoren innerhalb des Klimasystems und

Abb. 5: Das Abschmelzen des Morteratsch-Gletschers in den Bernina-Alpen (Schweiz) zwischen 1878 und 2009.





**Abb. 6:** Niederschlagszeitreihen von 1900 bis 2005 (Angaben in % des Mittelwertes der Jahre von 1961 bis 1990) für das südöstliche Südamerika und das Amazonasbecken.

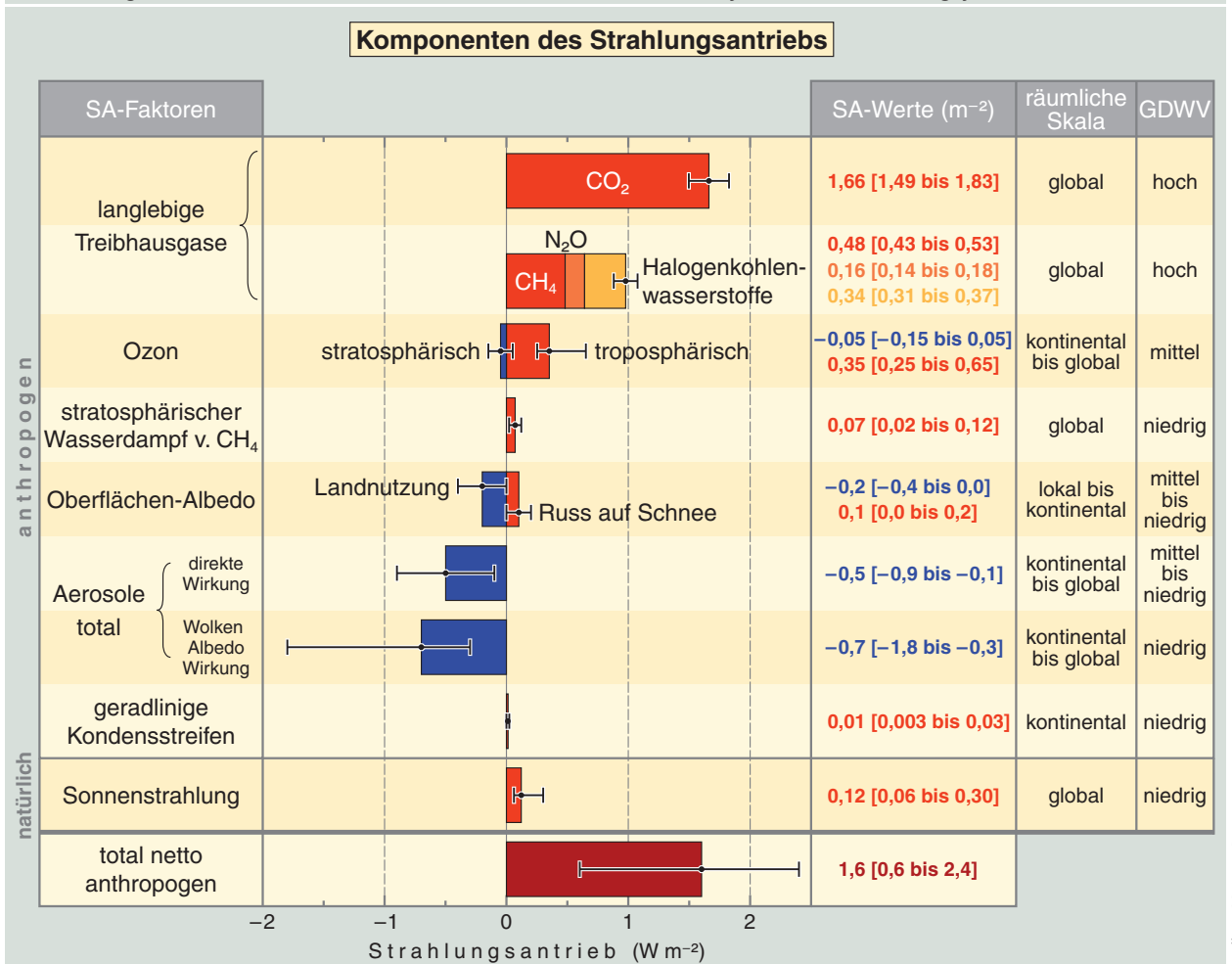


Quelle: TRENBERTH et al. 2007, S. 257.

zum anderen externe Faktoren (sowohl natürliche als auch anthropogene). Der Einfluss der externen Faktoren wird zu meist durch den Strahlungsantrieb bestimmt, also welchen Einfluss ein Faktor auf die Bilanz der einkommenden und ausgehenden Strahlung im System Erde-Atmosphäre auszuüben vermag. Diese Indexwerte werden in  $W/m^2$  angegeben. Zwischen der eingehenden und der abgehenden Strah-

lung besteht ein Gleichgewicht. Eine positive Veränderung der Strahlungsbilanz, wie sie z. B. durch eine Zunahme von Treibhausgasen verursacht wird, führt zu einer Erwärmung der Erdoberfläche. Eine negative Veränderung der Strahlungsbilanz, wie sie z. B. durch einige Typen von Aerosolen (mikroskopisch kleine Partikel in der Atmosphäre) verursacht wird, führt zu einer Abkühlung. Die Abbildung 7 zeigt sehr

**Abb. 7:** Schätzungen und Bandbreiten des global gemittelten Strahlungsantriebs (SA) im Jahr 2005 für anthropogenes Kohlendioxid ( $CO_2$ ), Methan ( $CH_4$ ), Lachgas ( $N_2O$ ) und andere wichtige Faktoren und Mechanismen, zusammen mit der typischen geographischen Ausdehnung (räumliche Skala) des Antriebs und der Beurteilung des Grades des wissenschaftlichen Verständnisses (GDWV). Der Nettobetrag und die Bandbreite des anthropogenen Strahlungsantriebs sind ebenfalls angeführt. Deren Berechnung benötigt die Summierung von asymmetrischen Unsicherheitsabschätzungen der einzelnen Faktoren und kann deshalb nicht durch einfache Addition durchgeführt werden.



Quelle: IPCC 2007, S. 4.

deutlich, dass Vulkanausbrüche, verbunden mit einer hochreichenden Aschewolke, durchaus in der Lage sind, kurzfristig eine Abkühlung der globalen Temperatur herbeizuführen. Zu den externen Antriebsfaktoren, wie z. B. die Position und Orientierung der Erde gegenüber der Sonne (s. u.) oder auch die Schwankungen der Sonnenaktivität (natürliche Antriebsfaktoren), zählen ebenfalls die anthropogenen Einwirkungen, wie z. B. die Veränderungen der atmosphärischen Bestandteile wie Spurengase und Aerosole, oder auch die Modifikationen auf der Erdoberfläche, wie die Abholzung riesiger Wälder oder die Umwandlung natürlicher Flächen in Ackerland. Sicherlich einer der bedeutendsten Faktoren der anthropogenen Klimabeeinflussung ist die Freisetzung klimawirksamer Spurengase wie z. B. Kohlendioxid (vgl. Abb. 7).

### 3.1 Anthropogene Veränderungen des globalen Kohlenstoffkreislaufs

Ungefähr  $\frac{1}{60000}$  der Gesamtmasse der Erde besteht aus Kohlenstoff. Aber nicht nur die Biosphäre enthält Kohlenstoff (vgl. Artikel *Anhuf und Sotto-Mayor Anhuf* in diesem Band), sondern auch die Ozeane, die Sedimente, die fossilen Brennstoffe und die Böden. Die gesamte terrestrische Biomasse enthält mehr als 2100 Gt Kohlenstoff ( $Gt = 1 \times 10^9 \text{ t C}$ ). Der Anteil an Kohlenstoff in der Atmosphäre betrug im Jahre 1990 insgesamt 750 Gt, heute beträgt er knapp 830 Gt/C. Der Kohlenstoffgehalt der Atmosphäre (hier als natürliches Gas  $\text{CO}_2$ ) ist zusammen mit dem Wasserdampf in der Atmosphäre für den natürlichen Treibhauseffekt verantwortlich (Wasserdampf zu ca. 67 % und  $\text{CO}_2$  zu ca. 20 %). Dieser sorgt dafür, dass die globale Durchschnittstemperatur ca. 15 °C beträgt. Ohne den natürlichen Treibhauseffekt würde sie bei -18 °C liegen.

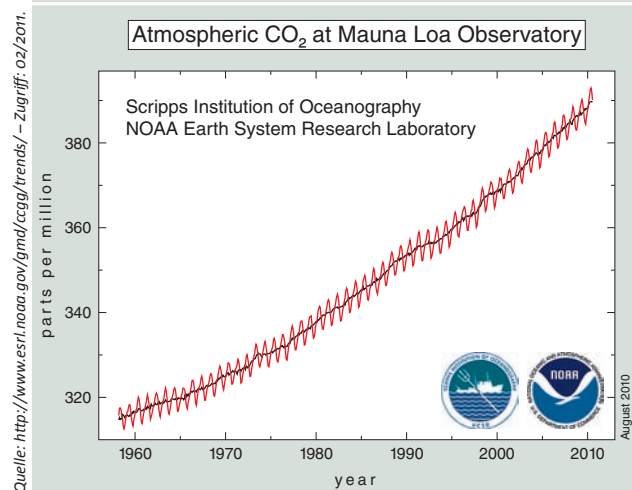
Eine Vielzahl von direkten und indirekten Messungen bestätigen, dass der Anteil des  $\text{CO}_2$  weltweit um etwa 100 ppm (36 %) innerhalb der letzten 250 Jahre angestiegen ist. In der vorindustriellen Zeit (1000–1750 n. Chr.) lag dieser Wert noch bei 275–285 ppm. Im Jahre 2005 ist er auf einen Wert von 379 ppm gestiegen. Der weltweite Anstieg des  $\text{CO}_2$  seit Beginn der Industrialisierung ist auf die Verbrennung fossiler Energieträger wie z. B. Öl oder Gas zurückzuführen, aber 25 % des Anstieges während der letzten 150 Jahre ist durch Landnutzungsveränderungen wie die Abholzung von Wäldern oder den Ackerbau für die Nahrungsmittelproduktion hervorgerufen worden (ANHUF 2010).

Während der letzten zwei Dekaden betrug der Anstieg der Kohlenstoffkonzentration in der Atmosphäre ca. 1,5 ppm jährlich. Ein großer Anteil der jährlichen Variabilität des  $\text{CO}_2$ -Anstiegs ist auf natürliche Klimaschwankungen (z. B. El Niño) und auf die Aufnahme bzw. Abgabe von  $\text{CO}_2$  durch das Land und die Ozeane zurückzuführen.

Jedes Jahr entziehen die Ökosysteme der Kontinente und der oberflächennahen Schichten der Ozeane der Atmosphäre Kohlenstoff durch die Photosynthese. Der Kohlenstoff wird durch die Atmung und den Zerfall wieder abgegeben. Die Aufnahme und Abgabe des Kohlenstoffs zeigt sich in den jahreszeitlichen Schwankungen der  $\text{CO}_2$ -Konzentration in der Atmosphäre (Abb. 8).

Zurzeit werden jährlich ca. 4,1 Gt Kohlenstoff in der Atmosphäre angereichert. Der gesamte Ausstoß, verursacht durch die Verbrennung fossiler Energieträger und die Zementproduktion – die Hauptbasis der Zementproduktion ist

**Abb. 8:** Der Anstieg des  $\text{CO}_2$ -Gehaltes in der Atmosphäre (ppmV).



Quelle: <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/> – Zugriff: 02./201.

Kalkstein, der sehr viel  $\text{CO}_2$  enthält, das beim Brennvorgang in die Atmosphäre entweicht –, beläuft sich auf 7,2 Gt C/Jahr. Zusätzlich werden 1,64 Gt C/Jahr durch die Entwaldung freigesetzt. Trotz der Abholzungen vermag die Biosphäre insgesamt 2,54 Gt C/Jahr zu absorbieren. Zusätzlich speichern die Meere weitere 2,2 Gt C/Jahr ( $7,2 + 1,64 - 2,54 - 2,2 = 4,1 \text{ Gt C/Jahr}$ ) (DENMAN et al. 2007). Insgesamt werden also jährlich nur etwas mehr als 46 % der tatsächlich produzierten  $\text{CO}_2$ -Emissionen in der Atmosphäre akkumuliert.

### 3.2 Natürliche Klimaschwankungen

Dieses Kapitel ist insofern von Bedeutung, weil sich das Klima in einem steten Wandel befindet. Klimawandel gibt es nicht erst seit dem Eingriff des Menschen in das Klimasystem, vielmehr ist der Wandel ein grundlegendes Charakteristikum dieses Systems. Das Klimasystem umfasst nicht nur die Atmosphäre, sondern weitere Sphären wie die Hydrosphäre (Ozeane, Flüsse, Seen, Grundwasser), die Biosphäre, die Kryosphäre (Schnee- und Eisbedeckung) sowie die Geosphäre (feste Erdoberfläche). Diese einzelnen Sphären sind untereinander vernetzt, ihre jeweiligen Reaktionszeiten sowie ihre räumlichen Ausdehnungen sind dabei jedoch sehr unterschiedlich, sodass die Interdependenzen allein schon für einen steten Wandel des Klimas sorgen. Dass wir Menschen das Klima – fälschlicherweise – als konstant empfinden, liegt unter anderem daran, dass wir den Zustand in der Atmosphäre beispielsweise über Klimaparameter beschreiben, die über eine bestimmte Periode (mindestens 30 Jahre) als Messwerte vorliegen. Daraus werden Mittelwerte berechnet, die uns einen mittleren und scheinbar konstanten Zustand beschreiben. Andererseits hat der Mensch aufgrund seiner Lebenserwartung in der Vergangenheit auch nicht die Möglichkeit gehabt, solche Klimaänderungen wirklich nach zu verfolgen. Natürlich gibt es Schwankungen von Jahr zu Jahr, die jedoch begrifflich als interannuelle Klimavariabilität bezeichnet werden. Von Klimaschwankungen spricht man erst, wenn es sich dabei um quasi zyklische Erscheinungen handelt, wie z. B. beim El Niño-Phänomen, die schon in einer dekadischen Zeitskala ablaufen. Diese werden wie das genannte Beispiel intern oder zum Beispiel bei den Zyklen der Solaraktivität extern induziert. Entscheidend ist bei diesen Schwankungen, dass sich die Vorzeichen zyklisch ändern –

## Infobox

## Was ist eigentlich ein Hochgebirge?

Trotz mittlerweile jahrhundertelanger Beschäftigung verschiedenster Wissenschaftsdisziplinen ist bis heute nicht einheitlich definiert, was unter einem Hochgebirge eigentlich zu verstehen ist. Erste Versuche (PENCK 1894; KREBS 1922) einer Begriffsbestimmung beruhten zuerst allein auf der Reliefenergie (Höhenunterschiede unter 200 m = Hügelländer, 200 bis 1500 m = Mittelgebirge bzw. Bergländer, über 1500 m = Hochgebirge). Da Reliefunterschiede allein allerdings noch wenig aussagekräftig für eine Definition von Hochgebirgen sind, wurden weitere Kriterien wie etwa das Durchragen von mindestens einer Höhenstufe (Hövermann 1994 zitiert in MIEHE, BURGA 2004) oder eine hochgebirgstypische Morphodynamik („formprägend kinetische Energie“, KUHLE 1982) angefügt. Versuche relief-spezifische anthropogeographische Merkmale (z. B. Hochweidestufen mit saisonalen Wanderungen, vgl. JENTSCH 1984; SCHWEIZER 1984) zur Abgrenzung von Hochgebirgen heranzuziehen, scheitern aufgrund unterschiedlicher Besiedlungs- und Nutzungshistorie der Gebirge der Erde (z. B. Alpen vs. kalifornische Sierra Nevada). Hinzukommen eine Vielzahl unterschiedlicher regionaler Kennzeichen in den Gebirgen der Erde, weshalb der Begriff „Hochgebirge“ insgesamt sehr heterogen verwendet wird (IVES et al. 1997; MIEHE, BURGA 2004).

Dabei hatte Carl Troll in seinem grundlegenden Artikel „Über das Wesen der Hochgebirgsnatur“ (TROLL 1955, S. 145) unter Abwägung verschiedenster Kriterien bereits vor über einem halben Jahrhundert folgende landschafts-ökologische Definition von Hochgebirgen vorgelegt, die diese (trotz kleiner Schwächen) sehr trefflich charakterisiert: „Hochgebirge sind Gebirge, die sich in dem jeweiligen Klimagürtel zu solcher Meereshöhe erheben, daß

sie den Formenschatz, das Pflanzenkleid, die Verwitterungsböden und den Landschaftscharakter annehmen, die man mit der ursprünglich in den Alpen gewonnenen Vorstellung eines Hochgebirges verbindet. Dazu gehört, daß sich die Gebirge über die obere Grenze des Waldes und Baumwuchses erheben; weiter, daß sie in der Eiszeit bzw. den Eiszeiten über die damalige Schneegrenze aufragten, so daß sich der an den nivalen Klimabereich gebundene Formenschatz ausbilden konnte; schließlich, daß in der heutigen Landschaft durch die starke Wirkung der Bodengefrorenis der mechanische Gesteinszerfall, die Strukturbodenbildung und die solifluidale Bodenabtragung flächenhaft wirksam werden können.“

Die gelegentlich an dieser Begriffsbestimmung geübte Kritik (RATHJENS 1982; MIEHE, BURGA 2004), dass sie auf trockene Gebirge nicht anwendbar sei, sollte nicht überbewertet werden. Im fast allen Gebirgen der Erde, selbst jenen die sich aus vollariden Tallagen (SW-USA, Hochasien, Nordafrika) bis in entsprechende Höhen erstrecken, finden sich Wälder, ein ausgeprägter rezenter periglazialer Formenschatz und Spuren einer pleistozänen Vergletscherung. Lediglich in extrem ariden Gebirgsräumen wie etwa in der Hochatacama, wo selbst bei über 6000 m ü. d. M. die geforderten Merkmale nicht auftreten, versagen die genannten Troll'schen Kriterien. Fraglich ist ferner, wie mit jungen Vulkanen zu verfahren ist, die aufgrund ihres Alters oft keinen glazialen Formenschatz aufweisen und deren obere Waldgrenze eher edaphisch als klimatisch gesteuert ist (HENNING 1976). Auch hier können die Troll'schen Kriterien nicht angewandt werden. Trotzdem käme wohl niemand auf die Idee, beim Mauna Kea oder dem Pico del Teide von einem Mittelgebirge zu sprechen.

## Hochgebirge oder nicht?



Ⓐ Arber, Bayerischer Wald: nein (pLVg: ja, pgF: nein, Wg: nein); Ⓑ Cairngorns, Schottland: ja (pLVg: ja, pgF: ja, Wg: ja); Ⓒ Sierra de la Laguna, Mexico: nein (pLVg: nein, pgF: nein, Wg: nein); Ⓓ Telescope Peak, Kalifornien: nein (pLVg: nein, pgF: ja, Wg: nein); Ⓔ Ost-Pamir, China: ja (pLVg: ja, pgF: ja, Wg: ja); Ⓕ Sierra Nombre de Dios, Honduras: nein (pLVg: nein, pgF: nein, Wg: nein); Ⓖ Nanga Parbat, Himalaya: ja (pLVg: ja, pgF: ja, Wg: ja); Ⓗ White Mountains, Kalifornien: ja (pLVg: ja, pgF: ja, Wg: ja).

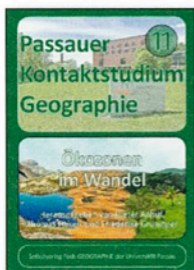
pLVg = pleistozäne Vergletscherung, pgF = periglazialer Formenschatz, Wg = Waldgrenze

Die Ökosysteme der Erde sind keine statischen Einheiten, sondern in ihrer Erdgeschichtlichen Entwicklung beständigen Veränderungen unterworfen gewesen. Waren früher natürliche Ursachen wie die zyklische Änderung von Erdbahnparametern, Verschiebungen in der Konstellation tektonischer Platten und/oder natürliche Schwankungen im Gehalt atmosphärischer Treibhausgase maßgeblich verantwortlich, spielt heute der anthropogene Landnutzungswandel sowie der vom Menschen verursachte Anstieg der Treibhausgasemissionen seit der industriellen Revolution die wichtigere Rolle.

Derartige Umwelteinflüsse führen in allen Ökosystemen der Erde auf die eine oder andere Weise zu Veränderungen. Die Artikel des vorliegenden Kontaktstudiumsbandes versuchen die unterschiedlichen Auswirkungen im Zusammenhang mit Klimawandel und Landnutzungsänderungen auf verschiedenste Ökosysteme der Erde aufzuzeigen und lassen sich grob drei thematischen Blöcken zuordnen: Ein Einleitungsteil umfasst Grundlagen zum Klimawandel, zur ökologischen Gliederung der Erde und zu den Übergangsbereichen zwischen Einheiten, die bei Grenzverschiebungen infolge des Klimawandels von besonderer Bedeutung sind. Anschließend werden die Auswirkungen von Klima- und Landnutzungswandel auf verschiedene Klima- und Vegetationszonen der Erde zwischen Äquator und den polaren Breiten aufgezeigt. Im letzten Themenblock werden Hochgebirge als der dritten Dimension innerhalb der ökologischen Gliederung der Erde behandelt. Das Hauptanliegen des vorliegenden Bandes „Ökozonen im Wandel“, wie auch der vorangegangenen gleichnamigen 11. Tagung des Passauer Kontaktstudium Geographie, ist es, wissenschaftliche Erkenntnisse und Informationen zu Fragen des Klima- und Landnutzungswandels sowie deren Auswirkungen auf Ökosysteme einem breiten Publikum nahezubringen und für die Nutzung im Geographieunterricht der Mittel- und Oberstufe aufzubereiten.

**ANHUF, Dieter. Thomas FICKERT und Friedericke GRÜNINGER (Hrsg.) (2011): Ökozonen im Wandel**

Passau, Selbstverlag des Geographischen Instituts der Universität (Passauer Kontaktstudium Geographie 11): 184 Seiten, 114 Abbildungen, 7 Tabellen, 96 Bilder; ISBN 978-3-9811623-5-6; Broschur: 32,90 €

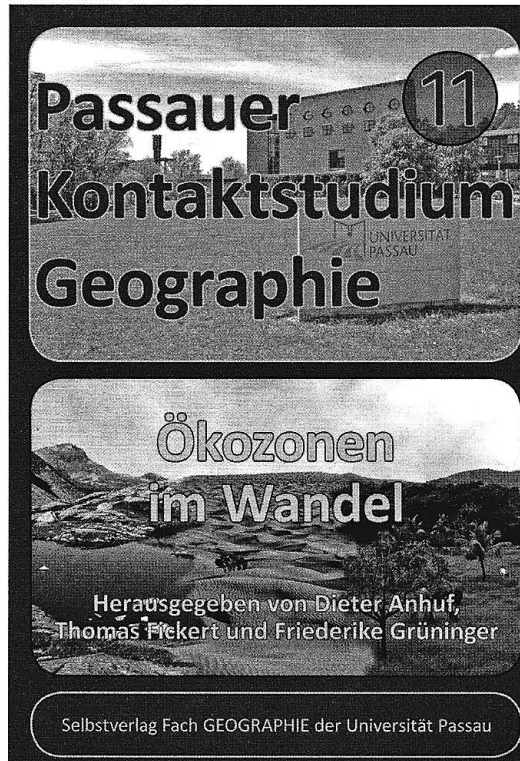


Die Ökosysteme der Erde und ihre regionale Verbreitung befinden sich in ständiger Veränderung. Seit dem der laufenden Klimawandel und seine Folgen ins Bewusstsein der Öffentlichkeit getreten sind, ist auch das allgemeine Interesse an Veränderungen in der Vergangenheit, den Untersuchungsmethoden hierzu und der räumlichen Differenzierung der Entwicklungen gestiegen. Hier setzt der vorliegende Band mit seinen 12 Beiträgen an mit der Zielsetzung, der interessierten Öffentlichkeit und namentlich auch Schülern der Mittel- und Oberstufe attraktiv aufbereitete Informationen und Materialien für einen Einstieg in die Thematik an die Hand zu geben. Die Beiträge gehen zurück auf eine entsprechende Tagung, die im Oktober 2010 in Passau stattfand. Die vorliegende Zusammenstellung ist jedoch deutlich mehr, als ein Tagungsband, denn klar und strukturiert ergänzen sich die Elemente zu einer attraktiven Gesamtschau. Einleitend werden Fakten, Hintergründe und mögliche Entwicklungen, die Chronologie des Zusammenspiels von Klima- und Vegetationszonen sowie Kriterien zur systematischen Abgrenzung von Ökosystemen vorgestellt. In einer Nord-Südabfolge werden nachfolgend exemplarisch die Veränderungen in verschiedenen Ökozonen vorgestellt, wobei dieser Bogen von der subpolaren und borealen Zone über das Mittelmeergebiet, Zentralasien bis in die tropischen Regenwälder reicht. Der Wechsel von Fallbeispielen wie Malta, dem Aralsee, den tropischen Anden zum Ostpamir mit überregionalen Überblicken und Fallstudien des Wandels in der Vertikalen in Hochgebirgen sowie die eingefügten methodenkundlichen Beiträge bilden eine abwechslungsreiche Abfolge. Namhafte Autoren haben die Beiträge mit attraktiven Abbildungen, Karten und Illustrationen ausgestattet, die durch finanzielle Unterstützung des Bayerischen Staatsministeriums für Unterricht und Kultus durchweg farbig gedruckt werden konnten. Der Band ist dadurch ein echter „Hingucker“ geworden, der als Einstiegslektüre in das Themenfeld des Wandels der Ökozonen nur empfohlen werden kann und durch zahlreiche Literatur- und Internethinweise eine inhaltliche Vertiefung auf aktuellem Kenntnisstand leicht ermöglicht.

*Jürgen Herget, Bonn*

ANHUF, D., FICKERT, T., GRÜNINGER, F. (Hrsg.) (2011): *Ökozonen im Wandel*. Passauer Kontaktstudium Geographie, Band 11. – Passau: Selbstverlag Fach Geographie. 184 S., DIN A4 broschiert, 114 Farbabbildungen, 7 Tab., 96 Farbbilder. – ISBN 978-3-9811623-5-6, € 32,90.

Der Band präsentiert in 13 Beiträgen einen facettenreichen Strauß an Themen, die das weite Feld der Ökozonen unter globalem Aspekt und mit regionalen Schwerpunkten vorstellen. Bei den Autoren handelt es sich um eine Mischung aus bekannten Fachleuten und Nachwuchswissenschaftlern, die an ganz unterschiedlichen Universitäten des In- und Auslands tätig sind (Bielefeld, Berlin, Bonn, Erlangen, Khorok (Tadschikistan), Marburg, Passau und Wien). Der Band besitzt ein überzeugendes Layout und ist sorgfältig redigiert. Optische Glanzlichter sind z.B. die über Bilder vermittelten Profile durch die Ökozonen der Erde (S. 122) und die Sequenzen zu verschiedenen Höhenstufen (S. 125), zur oberen Waldstufe (S. 147) oder zur alpinen Stufe (S. 148). Bloße Farbeffekte ohne sachlichen Bezug (z.B. Abb. S. 128, 136) schaffen dagegen eher Verwirrung als Klarheit. Nur selten häufen sich kleinere Fehler im Text (S. 113, 118 und 123: je 5x).



Inhaltlich akzentuieren die einzelnen Beiträge den dynamischen Wandel aktueller Prozesse, ganz vereinzelt grenzen die Einschätzungen an Plattitüden (S. 33: „einen globalen Wandel gab es schon immer“; S. 35: „dass alles im Wandel war und ist und sein wird“). Die sachlich breit gestreuten Themen (subpolare und boreale Zone, Mitteleuropa, Mittelmeerraum, tropische Regenwälder, Anden, Höhenstufen, Zentralasien) schaffen fraglos differenzierte Über- und Einblicke. Dem Leser werden nuancierte Fachkenntnisse mit präziser Terminologie präsentiert, die in allen Fällen aus den Forschungen der Autoren erwachsen. Ohne dass hier auf die verschiedenen Artikel genauer eingegangen werden kann, bleibt zu konstatieren, dass der Fokus stets auf vernetzten Prozessen und Dynamiken liegt; diese werden akribisch analysiert, sind durch umfangreiche Literaturangaben (bisweilen auch selbstreferenziell) belegt und werden in verständlicher Form erörtert. Unter diesen Voraussetzungen sind selbst provokante Titel (S. 91: Der verlorene Aralsee – aber 60 000 km<sup>2</sup> Neuland!) nicht irreführend.

Es stellt sich allerdings die Frage, warum die Literaturverzeichnisse eines Kontaktstudiums auf mitunter mehr als drei Seiten auch etliche entlegene Titel enthalten müssen. Leicht erreichbare, aber im Zitierzirkel nicht vertretene Autoren (P. POHLE zum Konfliktfeld Genpool und Pharmaindustrie [z.B. Geographische Rundschau 56, 2004, Heft 3] oder

A. RATUSNY zur südamerikanischen Trockendiagonale [z.B. Geographische Rundschau 49, 1997, Heft 2]) hätten hier gute Dienste leisten können.

Es ist schade, dass sich manche Diskurse (z.B. zum tropischen Regenwald [S. 101 ff.]) in vergleichsweise engen Grenzen bewegen und fachdidaktische Untersuchungen nicht zur Kenntnis nehmen (K.-D. HUPKE: Der Regenwald und seine Rettung. Zur Geistesgeschichte der Tropennatur in Schule und Gesellschaft. Duisburger Geographische Arbeiten 22. Dortmund 2000). Dennoch ist inhaltlich festzuhalten, dass alle Beiträge die komplexe Thematik des Bandes ausgesprochen differenziert untersuchen und in keinem Fall pauschalen oder generellen Einschätzungen das Wort reden. Dies sind die Stärken des Werkes.

Den fachdidaktischen Schlüssel für eine Rezension enthält der hintere Deckel: „Hauptanliegen des vorliegenden Bandes ... [sei es], wissenschaftliche Erkenntnisse und Informationen ... für die Nutzung im Geographieunterricht der Mittel- und Oberstufe aufzubereiten.“ Misst man die Beiträge mit dieser Elle, die von den Herausgebern vorgegeben wurde, dann ist die Enttäuschung (leider) groß. Die unterrichtliche Aufbereitung erschöpft sich in einleitenden didaktischen Zielsetzungen (bei fünf von 13 Beiträgen), die sich mit pauschalen Verweisen auf Lehrpläne – Bildungsstandards werden in keinem Fall als Bezugsgrößen herangezogen – begnügen. Trotz der mitunter paraphrasierten Lehrpläne kommt lediglich der Eindruck eines diffusen, alibiartigen Adressatenbezugs auf.

Der Kontext zeigt deutlich, dass mit dem Adjektiv didaktisch eine umgangssprachlich-nebuloöse Bezeichnung anstelle des Fachterminus gewählt wurde. Im Bereich der einleitenden Zielsetzungen glaubt man vielleicht, mit einem unklaren Didaktik-Begriff eine *captatio benevolentiae* beim Leser zu erreichen; an anderer Stelle (S. 160: „die didaktischen Bausteine für eine vergleichende Hochgebirgsforschung“) erscheint die Wahl dieses Adjektivs vollkommen unreflektiert zu erfolgen.

Wenn Verständnis allein durch Vermittlung von Fachkenntnissen (S. 37) erreicht werden soll, beschwört das die (vorgestrige) Abbild-Didaktik herauf: Sie stellt sich nicht den Fragen der Auswahl und Anordnung, sie hat keine unterschiedlichen Lernertypen im Visier, sie kennt sie gar nicht – sie ist statisch-normativ, gibt Befunde/Forschungsergebnisse vor, die von den Fachdidaktiken und den Unterrichtenden ‚umzusetzen‘ seien. Man wäre besser beraten gewesen, wenn man diesen (schon wiederholt getadelten) Fehlgriff vermieden hätte.

Johann-Bernhard Haversath

Rezension in:

**Zeitschrift für Geomorphologie • Volume 56, Heft 4 • 2012 • S. 526–527**

ANHUF, D., FICKERT, T. & GRÜNINGER, F. (Hrsg.) (2011): *Ökozonen im Wandel. – Passauer Kontaktstudium Geographie, Band 11, Selbstverlag Fach Geographie der Universität Passau, Passau, 184 Seiten, 114 Abbildungen, 7 Tabellen und 96 Bildern, 21 cm × 29,7 cm, ISBN 978-3-9811623-5-6.*

Band 11 der Reihe „Passauer Kontaktstudium Geographie“ wird von Dieter Anhuf, Thomas Fickert und Friederike Grüninger herausgegeben. Er enthält die schriftliche Fassung von 13 Vorträgen, die im Rahmen der vom Lehrstuhl für Physische Geographie an der Universität Passau im Oktober 2010 ausgerichteten 11. Tagung des „Passauer Kontaktstudiums Geographie“ gehalten wurden. Wie der vorliegende Band hatte auch die Tagung das Rahmenthema „Ökozonen im Wandel“, mit einem schulischen und hochschuldidaktischen Hintergrund. Sie war als staatliche Fortbildungsveranstaltung für Geographielehrer an bayerischen Realschulen und Gymnasien anerkannt. Hierdurch ergab sich eine gesicherte Finanzierung des Bandes, was sich vor allen Dingen darin ausdrückt, dass dieser vollständig in Farbe erscheinen konnte.

Hierzu sei schon vorab angemerkt, dass die Qualität der Abbildungen grundsätzlich exzellent ist und den Band schon allein aus diesem Grund empfehlenswert macht.

In dem einführenden Beitrag von Anhuf, Fickert & Grüninger wird das Thema und der Aufbau der Tagung und damit auch des Bandes erläutert. Er gliedert sich in die drei Themenblöcke: Grundlagen (3 Beiträge), Trends und Prognosen (5 Beiträge) sowie Hochgebirge (4 Beiträge).

Der erste Themenblock beginnt mit einem Beitrag von Anhuf, der Fakten, Hintergründe und mögliche Entwicklungen zu den globalen Umweltveränderungen nennt. Er macht dies umfassend und informativ. Darauf folgend erläutert Breckle den engen Zusammenhang zwischen Klima und Vegetation und deren Reaktion auf etwaige Veränderungen. Für das grundlegende Verständnis der Thematik ist der Beitrag von Grüninger ebenfalls wichtig, welcher sich Grenzen und Ökozonen sowie deren Veränderungen widmet.

Der Themenblock, der sich den Trends und Prognosen widmet, könnte auch mit „Fallbeispiele“ übertitelt sein. Zu Beginn erläutert Wundram die Umweltveränderungen in der borealen Zone, der sich ein Beitrag von Neuwirth über Jahrringe als Indikator für Veränderungen in Mitteleuropa anschließt. Bendix & Bendix berichten im Anschluss über Probleme des maltesischen Archipels mit dem Klimawandel, die sich im Wesentlichen in der Wasserknappheit ausdrücken. Dieses schon extreme Beispiel wird noch übertroffen von den Umweltproblemen des Aralsees, die Breckle eindrucksvoll schildert. Den tropischen Regenwäldern widmen sich Anhuf & Sotto-Mayor Anhuf. In einem interessanten Beitrag werden zunächst die klassischen Themen Klima, Abholzung und Biodiversität behandelt. Im Anschluss daran erfolgt noch ein Hinweis auf die enorme Bedeutung vieler tropischer Naturprodukte für unsere Medizin und Pharmaindustrie.

Den dritten Themenblock leitet Fickert mit allgemeinen aber sehr ausführlichen und tiefgehenden Ausführungen zu den Höhenstufen als vertikales Spiegelbild der Ökozonen ein. Pauli, Gottfried & Grabherr detaillieren die Ausführungen von Fickert dann im Folgenden in Bezug auf die nemoralen und mediterranen Hochgebirge. Entsprechend verfahren Richter & Peters für den Bereich der tropischen Anden, ergänzen die Ausführungen aber noch um die Themen Klimawandel und Klimafolgen. Abgeschlossen wird der dritte Block durch die Ausführungen von Samimi, Vanselow, Kraudzun, Aknazarov & Kreutzmann mit Untersuchungen im Ostpamir, bei denen auch die sich wandelnden Landnutzungsbedingungen mit einbezogen werden.

Als echtes Lehrbuch ist der Band 11 der Reihe „Passauer Kontaktstudium Geographie“ im Grunde nur bedingt geeignet. Auch wenn die Artikel mit Bedacht ausgewählt wurden, ergeben sie schlussendlich kein vollständiges Bild. Für wen ist der Band „Ökozonen im Wandel“ also nützlich? Die Beiträge entstammen in der Regel gut abgesicherter Forschung der einzelnen Autoren, sind aber sicherlich, sofern erkennbar und möglich, auf dem neuesten Stand. Die Diktion folgt in etwa der, wie man sie aus z. B. der Geographischen Rundschau kennt. Daraus ergibt sich dann auch der potenzielle Nutzerkreis. Grundsätzlich sind dies Schüler sowie Studenten im Grundstudium (BSc) oder im Lehramt generell. Aber, auch und besonders aufgrund der zahlreichen, extrem gut illustrierten Beispiele mit qualitativ hochwertigen Grafiken, kann der Band 11 der Reihe „Passauer Kontaktstudium Geographie“ zusätzlich für Dozenten an Hochschulen geeignet sein, zum Ersteinstieg in die Thematik bzw. zur Themendiskussion und/oder Veranschaulichung in Vorlesungen und/oder Seminaren, zumal die Beiträge in der Regel reichlich mit weiterführender Literatur versehen sind.

BERND CYFFKA, Eichstätt



Rezension in: **DIE ERDE** • Band 143, Heft 3 • 2012 • S. 259–260

**Anhuf, Dieter, Thomas Fickert und Friederike Grüninger (Hrsg.): Ökozonen im Wandel.** – Passau: Selbstverlag Fach Geographie der Universität Passau 2011. – Passauer Kontaktstudium Geographie **11.** – 184 S., Tab., Abb., Karten. – ISBN 978-3-9811623-5-6. – €32,90

Der vorliegende Band enthält die schriftlichen Fassungen von Vorträgen, die auf der 11. Tagung des

‘Passauer Kontaktstudium Geographie’ 2010 mit dem gleichnamigen Rahmenthema gehalten wurden. Diese Tagung fand die Anerkennung als offizielle Fortbildungsveranstaltung für Geographielehrer an bayerischen Realschulen und Gymnasien. Diese Ausrichtung erklärt und rechtfertigt sicherlich, dass bei manchen Themen weit ausgeholt, sozusagen „mit Adam und Eva“ begonnen wird und viele der durchweg mehrfarbigen Grafiken derart bunt herausgestellt sind, dass sie vergrößert als Poster dienen könnten. Und auch die Entscheidung für den Titel dieses Sammelwerks folgt offenbar dem Wunsch, die Lehrerschaft zu erreichen. Denn der Inhalt der insgesamt 13 Beiträge zu unterschiedlichen Themen und Regionen rechtfertigt sie nicht. Weder geht es um Ökozonen im eigentlichen Sinne noch – jedenfalls in den meisten Beiträgen – um die vielfältigen Erscheinungsformen des ökologischen Wandels. Vielmehr stehen einseitig (kopflastig) der Klimawandel und dessen mögliche Auswirkungen auf unsere Umwelt zur Diskussion. Dabei folgen viele Autoren mehr oder weniger eindeutig den Thesen des IPCC („Weltklimarat“), die bekanntlich den Menschen für mutmaßlich bedrohliche Veränderungen verantwortlich machen. Als löbliche Ausnahme ist hier *Siegmar-Walter Breckle* mit seinem Beitrag „Vegetationszonen und Klima“ zu nennen. Seine kritische Sicht wird dem wissenschaftlichen Erkenntnisstand zur globalen Klimaerwärmung besser gerecht. Danach sind Zweifel an ihrer anthropogenen Verursachung, zumindest an deren Ausmaß, in Fachkreisen weit verbreitet – bis hin zur strikten Ablehnung. Dies aufzuzeigen ist gerade in einer Publikation wie der vorliegenden besonders wichtig: Denn Schüler dürfen nicht einfach vom Mainstream der Politik, Medien und Gutmenschen mitgerissen werden, sondern sie sollten von ihren Lehrern mehr über verschiedene Sichtweisen zu diesem Thema erfahren und zur Bildung einer eigenen Meinung angeregt werden. Es mag zwar reizvoll sein zu prüfen, wie sich beispielsweise ein gegebener Vegetationstyp in einen anderen wandelt, wenn die Mitteltemperatur seines Standortes um 1 oder 2°C steigen. Derartige Erhebungen gibt es heutzutage tausendfach. Auch im vorliegenden Werk finden sich mehrere Beispiele dafür. Es darf dabei aber nicht vergessen werden, dass diese Untersuchungen mit der Realität wenig, vielleicht gar nichts zu tun haben, die Interpretation quasi ins Leere führt. Denn niemand kann

sicher sagen, dass derartige Temperaturerhöhungen in absehbarer Zukunft tatsächlich oder zumindest mit hoher Wahrscheinlichkeit eintreten werden. Sieht man einmal von dieser Kritik ab, so enthält das Werk durchaus lesenswerte Beiträge. Drei weitere sollen hier – beispielhaft – herausgegriffen werden. Das ist zum einen der Beitrag von *Friederike Grüninger* zum Thema „Einheiten, Grenzen und Übergänge in Ökosystemen“. Mit Recht weist die Autorin darauf hin, dass sich Änderungen unserer Umwelt zunächst in den Grenzbereichen zwischen den Ökozonen/Ökosystemen bemerkbar machen müssten, ehe sie diese selbst erfassen. Ökotone sind daher grundsätzlich die besseren Indikatoren für den Klimawandel. *Thomas Fickert* widmet sich in seinem Beitrag zum Thema „Höhenstufen in Gebirgen ...“ der Frage, inwieweit die Vegetationsabfolge in den horizontal angeordneten Klima- und Vegetationszonen eine Parallele in den Höhenstufen der Gebirge findet. Dabei kommt er zu dem Ergebnis, dass Analogien hinsichtlich der Strukturmerkmale der Vegetation nur eingeschränkt bestehen. *Burkhard Neuwirths* Verdienst ist es, dass er in seinem Beitrag „Jahresringe als Indikator für Klima- und Umweltveränderungen in Mitteleuropa“ auf die Unsicherheiten aufmerksam macht, die dendrologischen Interpretationen in Bezug auf Klimaänderungen anhaften. Das mindert ihren Wert als Klimaproxy.

*Jürgen Schultz*, Aachen