

FRIEDRICH-WILHELM GERSTENGARBE
WILFRIED ENDLICHER

Continents under Climate Change

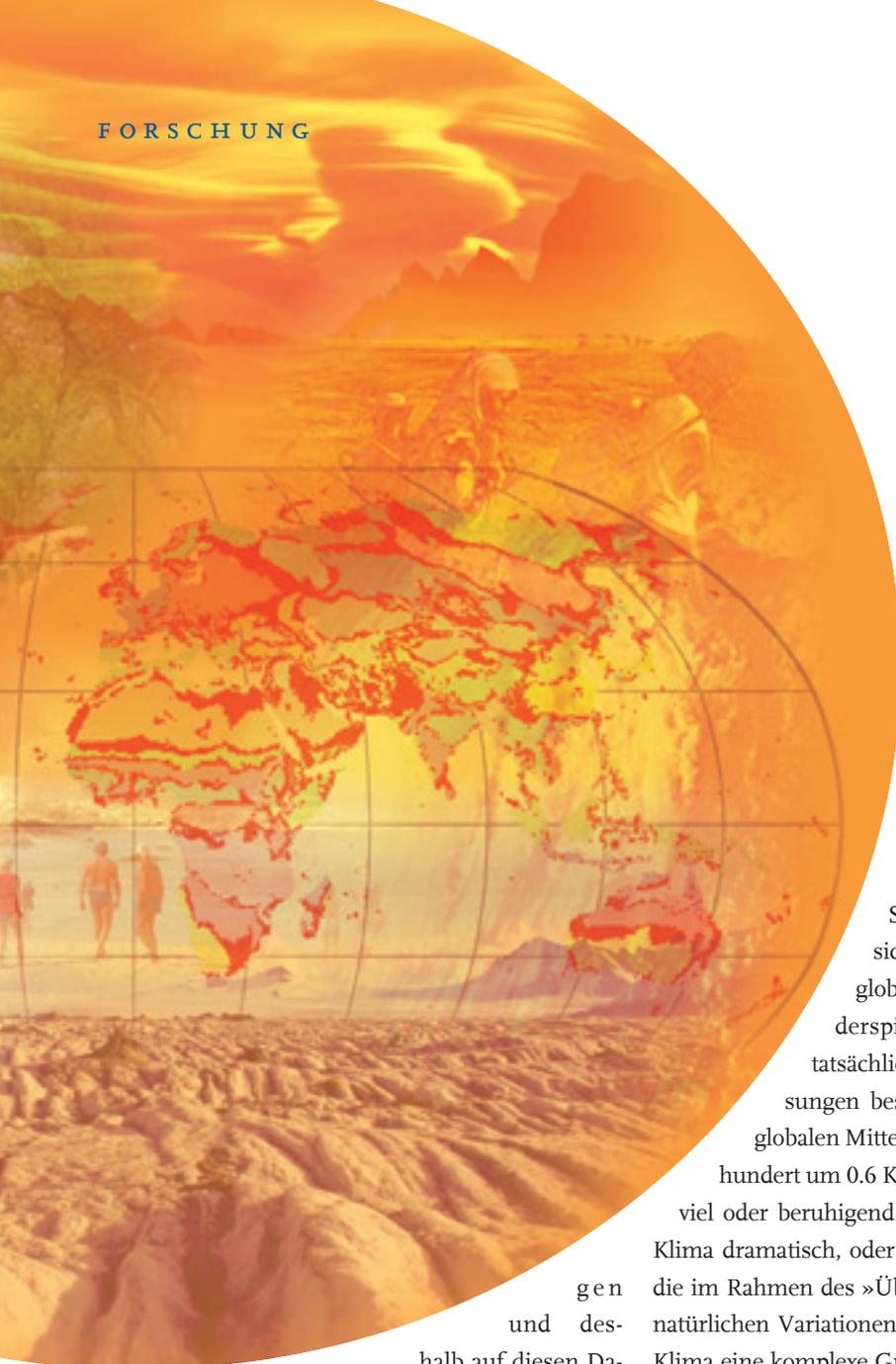
Von den Kipp-Prozessen im Erdsystem zum Dominoeffekt des Klimawandels

Früher haben alle nur über das Wetter geredet, heute über das Klima. Dabei ist wenigen bewusst, was man unter Klima überhaupt versteht und wie komplex dieses als System ist.

Klima als System

Alexander von Humboldt war der erste, der die vielfältigen Zusammenhänge und Wechselwirkungen erahnte, als er in seinem »Kosmos« definierte: »Der Ausdruck Klima bezeichnet in seinem allgemeinsten Sinne alle Veränderungen in der Atmosphäre, die unsre Organe merklich afficieren ...« (Humboldt 1845, S. 340). Und wenn man heute Klima als ein System, bestehend aus Atmosphäre, Hydrosphäre, Kryosphäre, Lithosphäre und Biosphäre definiert, also nicht allein auf den Luftraum beschränkt, erhält man vielleicht eine kleine Ahnung von den Schwierigkeiten, denen die Klimaforschung unterworfen ist. Seit wenigen Jahrzehnten stehen nunmehr die bereits von Alexander von Humboldt angesprochenen Veränderungen des derzeitigen Klimazustandes weltweit im Mittelpunkt des Interesses. Aus diesem Grund hat sich die Humboldt-Universität in ihrem 200. Gründungsjahr entschlossen, einen internationalen Kongress zum Wandel des Klimas in den verschiedenen Erdgegenden auszurichten, die damit zusammenhängenden physikalischen Zusammenhänge zu diskutieren und die Folgen für die

verschiedenen Teilsphären des Klimasystems zu beschreiben. Im Erdzeitalter der Menschheit, dem *Anthropozän*, gibt es inzwischen keine Zweifel mehr, dass sicht- und messbare Veränderungen des Klimasystems, insbesondere des am besten bekannten Klimaelementes Temperatur, auf die menschlichen Eingriffe in das Klimasystem, insbesondere die Freisetzung von Treibhausgasen seit der Industrialisierung, zurückgehen. Der UN-Gipfel 1992 in Rio de Janeiro, auf dem die UN-Konvention zum Schutz des Klimas verabschiedet wurde, und das Protokoll von Kyoto 1997, auf dem erste Maßnahmen verbindlich vereinbart wurden, hoben das Problem auf die politische Ebene. Auch auf dem kürzlich zu Ende gegangenen 15. Vertragsstaaten-treffen in Kopenhagen 2009 wurde deutlich, dass der Klimawandel in allen Dimensionen der Mensch-Umwelt-Beziehungen eine nicht mehr zu vernachlässigende Größe ist. Die Klimaforschung hat dabei damit zu kämpfen, dass weltweite Messungen erst seit Mitte des 19. Jahrhunderts vorlie-



gen und deshalb auf diesen Daten beruhende, globale Klimaeinteilungen erst zu Anfang des 20. Jahrhunderts aufgestellt werden konnten.

Bereits eingetretene Veränderungen der Klimate der Erde

Eine der am weitesten verbreiteten und auch noch bis heute genutzten Einteilungen ist die von Wladimir Köppen aus dem Jahr 1900 (Köppen, 1900). Noch bis Mitte des letzten Jahrhunderts nahm man an, dass das Klima, bis auf die langzeitigen, durch die Variation der Erdbahnparameter hervorgerufenen Schwankungen zwischen Warm- und Kaltzeiten, quasi-stationär ist. Ein Umdenken setzte erst ein, als ein rapider Anstieg der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre festgestellt wurde (von ~280 ppm um 1900 auf aktuell 390 ppm). Seit über einem Jahr-

hundert ist dabei bekannt, dass das CO₂ zu den stark wirksamen Treibhausgasen zählt und mit 7.2 K nach dem unsichtbaren Wasserdampf mit 20.2 K den zweithöchsten Anteil am natürlichen Treibhauseffekt hat. Damit lag die Schlussfolgerung nahe, dass sich der CO₂-Anstieg auch im globalen Temperaturregime widerspiegeln müsse. Dies war tatsächlich der Fall, denn die Messungen bestätigten einen Anstieg der globalen Mitteltemperatur im letzten Jahrhundert um 0.6 K. Ist dies nun beunruhigend viel oder beruhigend wenig? Verändert sich das Klima dramatisch, oder sind es nur Fluktuationen, die im Rahmen des »Üblichen«, also innerhalb der natürlichen Variationen des Klimas liegen? Da das Klima eine komplexe Größe ist und nicht direkt gemessen werden kann, können reale Klimaänderungen auch nur durch eine komplexe Betrachtungsweise nachgewiesen werden. Eine solche Größe ist der *Klimatyp* (Köppen 1900). Die Erde besitzt eine Reihe von Klimatypen, von den Trockenklimaten der Wüsten über die tropischen Klimate bis hin zu den Eisklimaten. Jeder einzelne dieser Typen wird nun nicht nur durch die Temperatur, sondern auch durch andere meteorologische Größen (wie z.B. Niederschlag) und deren Verteilung im Jahr, durch die Vegetation und die geographischen Gegebenheiten beschrieben. Die Klimatypen stellen also eine komplexe Ausdrucksform des Klimas dar. Eine Veränderung im Klima liegt dann vor, wenn sich diese Klimatypen verändern, d.h. sich auf dem Globus verschieben, vergrößern oder verkleinern, wenn also ein Klimatyp in einen anderen übergeht. Solche Un-

Abb. 1
Collage zur Konferenz »Continents under Climate Change« (21.–23. April 2010) anlässlich des 200-jährigen Jubiläums der Humboldt-Universität zu Berlin

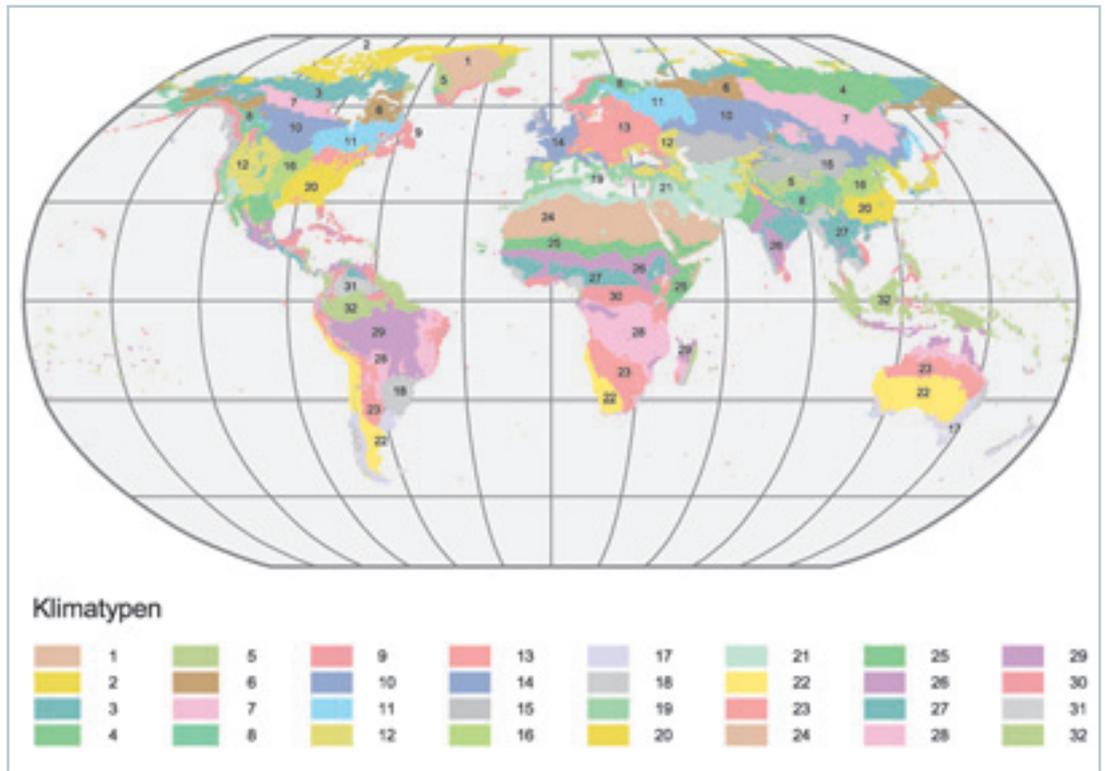


Abb. 2
Globale Klimaeinteilung
1901–2002

tersuchungen wurden zum Beispiel mit der bereits erwähnten Köppen'schen Klimaklassifikation durchgeführt (Rubel & Kottke 2010; Gerstengarbe & Werner 2009; Fraedrich et al. 2001). Bei der Klimaklassifikation nach Köppen handelt es sich um eine subjektiv erstellte Einteilung, da anhand von Schwellenwerten, die subjektiv festgelegt werden, die Klimatypen zu bestimmen sind. Um diesen subjektiven Einfluss auszuschalten, wurde eine objektive Klimaklassifikation entwickelt (Gerstengarbe & Werner 1999), bei der mittels einer speziellen Clusteranalyse die Klimatypen definiert werden und danach deren Schwellenwerte für die eingesetzten meteorologischen Größen festgelegt werden. Damit lassen sich die Kontinente in 32 Klimatypen unter-

Tab. 1
Flächenhafte Veränderungen der
Tundren- und Eisklimate sowie der
Wüsten im 20. Jahrhundert

Klimatyp	Flächenmittel 1901/2002 [10 ³ km ²]	Differenz 1988/2002 – 1901/2002 [10 ³ km ²]	Änderung in km ² /d
Eis- und Tundren- klimate	930	-24	
	1.556	-265	
	3.706	+82	
	2.975	-391	
	3.912	-417	
	4.501	-30	
5.148	-743		
Summe	22.728	-1.788	-326.6
Wüste	8.930	+1.336	+244.0

teilen. Die mittlere Verteilung dieser Klimatypen für den Zeitraum 1901 bis 2002 ist in Abb. 2 dargestellt. Berechnet man die Lage der Klimatypen für den Zeitraum 1988/2002 und vergleicht diese mit dem Gesamtzeitraum, bekommt man eine Aussage über deren Veränderungen. Diese Veränderungen sind in Abb. 3 durch die rot gekennzeichneten Regionen dokumentiert. Man erkennt sofort, dass bereits deutliche Verschiebungen der Klimaregionen auf allen Kontinenten zu beobachten sind. Tab. 1 gibt beispielhaft die Veränderungen der Tundren- und Eisklimate sowie der Wüsten nochmals in Zahlen wider. Danach haben sich die Tundren- und Eisgebiete in dem 15jährigen Zeitraum 1988/2002 gegenüber dem Gesamtzeitraum um 1.788.000 km² verringert, die Wüsten dagegen haben um 1.336.000 km² zugenommen. Das entspricht einer »Tagesleistung« in Sachen Klimagebietsverschiebungen von -326.6 km² bei den Tundren- und Eisklimaten bzw. +244.0 km² bei den Wüsten. Das heißt, dass im globalen Maßstab zur Zeit schon dramatische Klimaänderungen zu beobachten sind.

Das Klima der Erde ist aber nicht nur, wie bereits erwähnt, ein sehr komplexes System, sondern reagiert auch schon auf relativ kleine Störungen außerordentlich sensitiv. Will man die Einflüsse des Menschen an den oben beschriebenen Veränderungen der Klimate quantifizieren, so ist man ei-

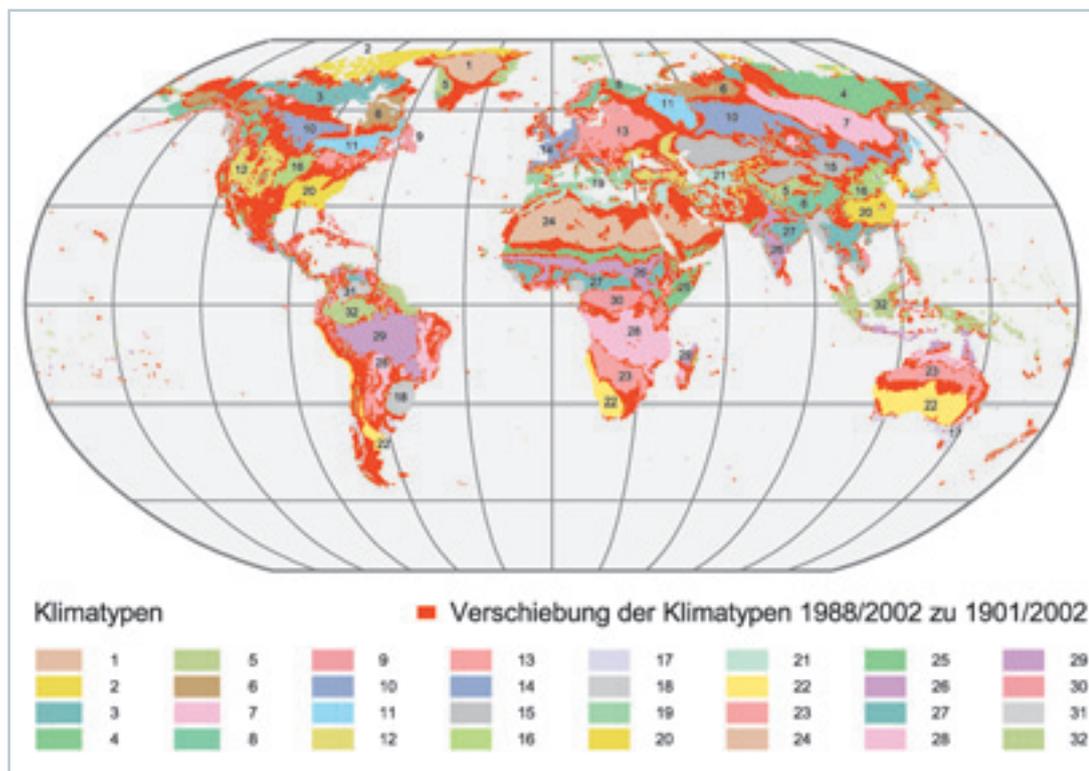


Abb. 3
Globale Klimaeinteilung
1901–2002
Verschiebung der Klimatypen für
den Zeitraum 1988–2002
bezogen auf den Gesamtzeitraum
1901–2002

ner weiteren Schwierigkeit ausgesetzt. Das Klimasystem besitzt einerseits interne Variationen und reagiert schon auf relativ kleine Störungen. Ein Beispiel für diese interne Variabilität und der Kopplung zwischen Hydrosphäre und Atmosphäre ist das in mehr oder weniger regelmäßigen Abständen auftretende El Niño-Phänomen im Pazifik, bei dem für einige Monate vor der südamerikanischen Westküste kaltes Oberflächenwasser durch warmes ersetzt wird, was zu erheblichen Konsequenzen für die atmosphärische Zirkulation über dem Pazifik und sogenannten Telekonnektionen für das globale Klima führt. Andererseits gibt es weitere natürliche, auf verschiedenen Zeitskalen wirkende Einflüsse auf das Klimasystem wie die Schwankungen der Orbitalparameter unseres Planeten (geologisch-langfristig wirksam) und der Sonnenstrahlung, aber auch kurzzeitig (ein bis zwei Jahre) wirkende Vulkanausbrüche. Dagegen kann die gegenwärtige globale Erwärmung weitgehend auf menschliche Einflüsse zurückgeführt werden.

Anthropogen induzierte Kipp-Prozesse im System Erde

Schreitet die Emission von Treibhausgasen bis zum Ende dieses Jahrhunderts in der derzeitigen Schnelligkeit fort – und nach dem Scheitern der Konferenz von Kopenhagen im Dezember 2009 kann man kaum noch von einer raschen Emissionsre-

duktion im globalen Maßstab ausgehen –, so ist mit einer globalen Temperaturzunahme über dem vorindustriellen Wert realistischer Weise von $\approx 3,5\text{ °C}$ bis, pessimistischer Weise, von $\approx 7\text{ °C}$ auszugehen. Von diesem Betrag haben wir erst ca. $0,6$ bis $0,8\text{ °C}$ erreicht, weil das Klimasystem nur träge auf die Veränderungen der Treibhausgaskonzentration reagiert. Der politische Kompromiss einer erdsystemisch notwendigen Begrenzung der globalen Mitteltemperatur auf 2 °C über dem vorindustriellen Wert wurde von der Staatengemeinschaft in Kopenhagen lediglich »zur Kenntnis genommen.«

Dabei gibt es verschiedene Regionen auf der Erde, bei denen das Ökosystem bei Überschreiten eines bestimmten thermischen Kipp-Punktes in einen anderen, irreversiblen Zustand gerät (Lenton et al. 2008; Schellnhuber 2009). Diese »Tipping Points« oder »Tipping Elements« besitzen eine unterschiedliche Sensitivität hinsichtlich der globalen Erwärmung bei gleichzeitig unterschiedlicher Unsicherheit ihres Auftretens. Die höchste Sensitivität bei gleichzeitig geringster Unsicherheit haben das Rückschmelzen des arktischen Meereises und das Abschmelzen des grönländischen Eisschildes. In den letzten Jahren konnte im Nordsommer bereits ein deutlicher Rückgang des Meereises beobachtet werden. Eine im Sommer vollständig eisfreie Arktis kann bereits in diesem Jahrhundert erwartet

werden; dieses Element scheint also bereits jetzt »gekippt« zu sein. Auch das Abschmelzen des grönländischen Eisschildes, zumindest an seinen Rändern, ist bei einer globalen Temperaturzunahme von nur ca. 2°C nach jetzigem Kenntnisstand nicht auszuschließen. Das Abschmelzen Grönlands würde zwar mehrere Jahrhunderte andauern, wäre jedoch irreversibel und würde zu einem Anstieg des Meeresspiegels in der Größenordnung von zwei bis sieben Metern führen (Lowe et al. 2007; Notz 2009). Diese beiden Kipp-Prozesse haben jedoch weitere Auswirkungen, zum Beispiel auf die Tauprozesse in der sibirischen und kanadi-

schen Subarktis, bei denen Methan, ein 20fach stärkeres Treibhausgas als CO₂, freigesetzt würde, was erneut eine positive Rückkoppelung und damit eine Verstärkung des Treibhauseffektes bewirken würde. So würde das Umkippen einzelner Regionen zu einem Dominoeffekt führen, da über die atmosphärische und ozeanische Zirkulation eine globale Übertragung dieser Signale erfolgen würde.

Derzeit können etwa 15–16 solcher Kippunkte definiert werden, wobei deren neun und die damit verbundenen Grenzwerte der globalen Erwärmung schon bereits verhältnismäßig genau definiert sind

Tab. 2
Potentielle anthropogen induzierte Kipp-Prozesse im Erdsystem.
Quelle: Lenton et al. 2008 (vereinfacht und ergänzt)

Kipp-Elemente	Kipp-Prozesse	Kritische Grenzwerte vor Ort	Globale Erwärmung	Übergangszeiträume	Hauptsächliche Auswirkungen
Arktisches Sommereis	Abnahme	unbekannt	+ 0,5 – 2°C	– 10 Jahre (schnell)	Ausgedehnte Erwärmung Änderung des Ökosystems
Grönländischer Eisschild	Abschmelzen	+ – 3°C	+ 1 – 2°C	> 300 Jahre (langsam)	Anstieg des Meeresspiegels um 2 – 7 m
Westantarktischer Eisschild	Abschmelzen	+ – 5 – 8°C	+ 3 – 5°C	> 300 Jahre (langsam)	Anstieg des Meeresspiegels um 5 m
Thermo-haline Zirkulation des Atlantiks	Abschwächung	starker Schmelzwasserinput	+ 3 – 5°C	– 100 Jahre (graduell)	Regionale Abkühlung, Verschiebung der ITCZ
El Niño-Southern Oscillation	Intensivierung	unbekannt	+ 3 – 6°C	– 100 Jahre (graduell)	Dürre in Südost-Asien und anderswo
Albedoabnahme in Tibet	Abnahme von Schneedecke u. Gletschereis	?	?	50 – 100 Jahre (schnell)	Schmelzwasserrückgang
Indischer Sommermonsun	Niederschlagsabnahme	Albedo-Veränderung über Indien	?	– 1 Jahr (schnell)	Dürre und Abnahme der Tragfähigkeit
Sahara/ Sahel und Westafrik. Monsun	Vegetationszunahme	Niederschlag 100 mm /Jahr	+ 3 – 5°C	– 10 Jahre (schnell)	Verringerte Staubquelle Gesteigerte Tragfähigkeit
Amazonischer Regenwald	Waldrückgang	Niederschlag 1100 mm /Jahr	+ 3 – 5°C	– 50 Jahre (graduell)	Verlust an Biodiversität
Borealer Nadelwald	Waldrückgang	+ – 7 °C	+ 3 – 5°C	– 50 Jahre (graduell)	Biom-Verschiebung
Antarktische Tiefenwasserbildung	Verringerung	Niederschlag 100 mm /Jahr	?	– 100 Jahre (graduell)	Ozeanische Zirkulation, Kohlenstoffspeicherung
Tundra	Zunahme des Waldes	?	?	– 100 Jahre (graduell)	Verstärkte Erwärmung, Biom-Verschiebung
Permafrost	Auftauen	?	?	< 100 Jahre (graduell)	CH ₄ und CO ₂ Freisetzung
Marine Methan-Hydrate	Freisetzung	?	?	1000 – 100 000 Jahre	Verstärkte globale Erwärmung
Ozean	Versauerung	+ – 20% Phosphor-Input	?	– 10 000 Jahre	Massenvernichtung mariner Lebewesen
Stratosphärisches Ozon der Arktis	Abnahme	Bildung stratosphärischer Wolken ab 195 K	?	< 1 Jahr (schnell)	Erhöhte UV-Strahlung an der Erdoberfläche

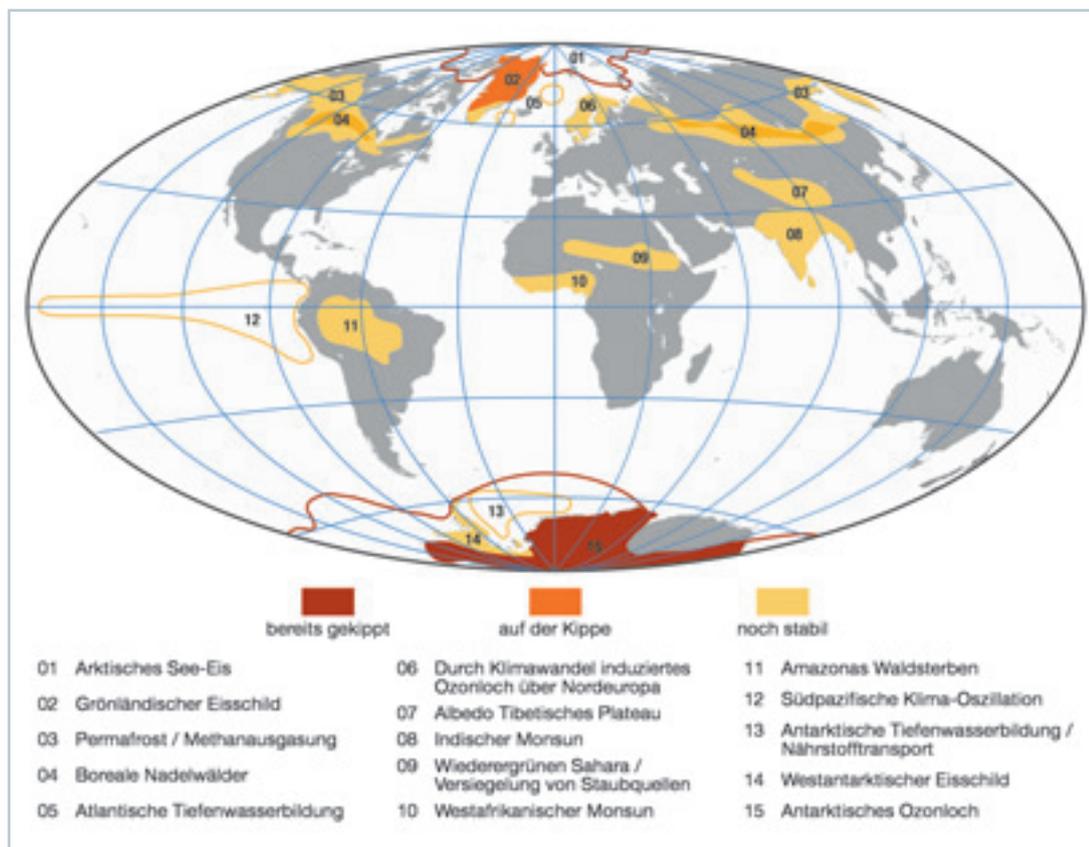


Abb. 4
Potentielle anthropogen induzierte Kipp-Prozesse im Erdsystem.
Quelle: Lenton et al. 2008, Schellnhuber 2009

(Abb. 4 und Tab. 2). Einer dieser Kippunkte ist auch der Tieflandregenwald Amazoniens, das größte Regenwaldgebiet der Erde mit einer Fläche anderthalb mal so groß wie die der Europäischen Union. Zehn Prozent der gesamten weltweiten biologischen Vielfalt sind dort konzentriert. Stand in den letzten Jahrzehnten die Abholzung und agrarische Nutzung im Mittelpunkt der Besorgnis, so wuchs spätestens seit der größten, jemals in Amazonien registrierten Dürre im Jahr 2005 die Befürchtung, dass neben der Schädigung des Regenwaldes durch weiteren Holzeinschlag, der Zunahme von Rinderweiden und der Neuanlage von Sojafeldern der Kollaps des Regenwaldsystems als Ganzes näher rückt. Da etwa die Hälfte der Niederschläge in Amazonien durch autochthone Evaporations- und Transpirationsprozesse »recycelt« wird, hätten länger anhaltende Dürren ein Vertrocknen der Regenwaldvegetation zur Folge. Dabei würde wie bei der Brandrodung des Waldes der in der Vegetation gespeicherte Kohlenstoff der Atmosphäre als Treibhausgas zugeführt (Lewis et al. 2006; Malhi et al. 2009).

Von nicht geringerer Problematik ist der Kipp-Prozess, der durch das weltweit zu beobachtende Abschmelzen der großen Gebirgsgletscher ausgelöst

wird. Dieses Schmelzwasser trägt ebenso wie die thermische Ausdehnung des Ozeanwassers und das Tauwasser von den polaren Landeisschilden zu einer Erhöhung des Meeresspiegels bei. Insbesondere die Gletscher von Hochasien bilden mit einer Fläche von ca. 3 Mio. Hektar das größte Eisgebiet außerhalb der Polarzone. Alle großen Ströme Asiens, wie Ganges, Brahmaputra, Irawadi, Mekong, Jangtsekiang, Hwangho, Syr-Darja und Amu-Darja haben ihre Quellgebiete in den zentralen Hochgebirgen Asiens. Viele hundert Millionen Menschen in China, Indien, Bangladesh, Nepal, Pakistan, Bhutan, Tadschikistan, Usbekistan etc. hängen von ihrer Wasserspende ab.

Sicherheitsrisiko Klimawandel und nachhaltige Entwicklung

Neben diesen Kipp-Prozessen hat der Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen selbst Gefährdungen der internationalen Stabilität und Sicherheit definiert, die direkt als Folge des Klimawandels angesehen werden können (WBGU 2007). Ähnliche Befürchtungen hat auch der Generalsekretär der Vereinten Nationen bei der Vollversammlung der Staatengemeinschaft im September 2009 geäußert (UN General Assembly 2009):

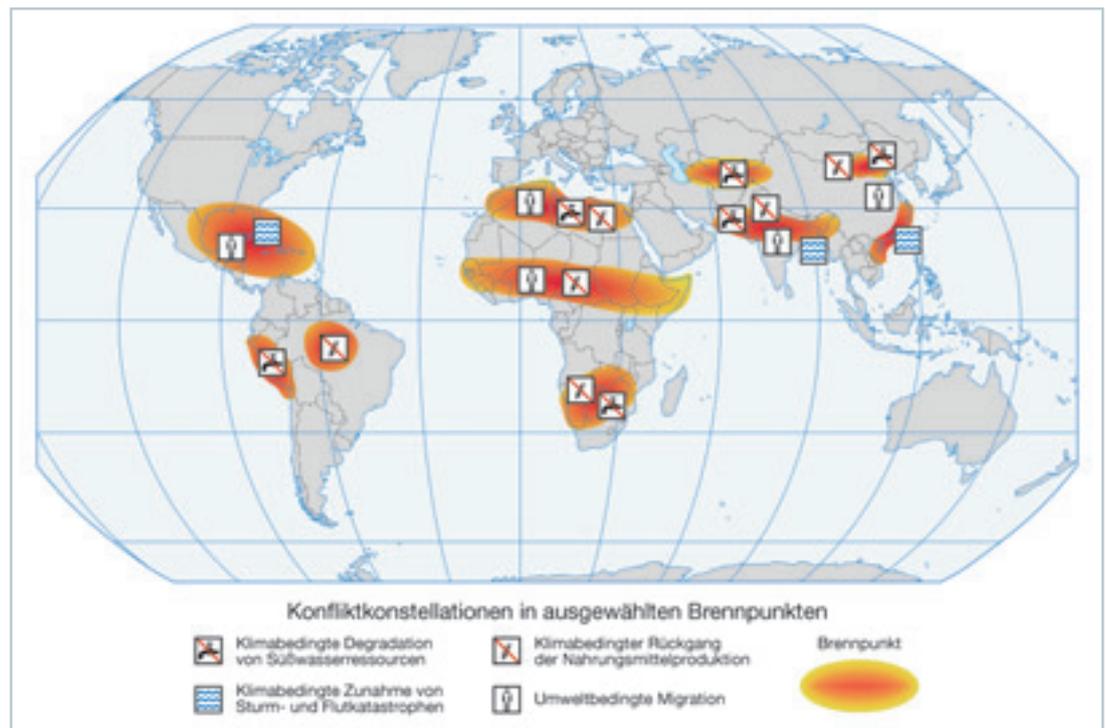


Abb. 5
Sicherheitsrisiken durch Klimawandel; ausgewählte Brennpunkte, die sich zu Krisenherden entwickeln können.
Quelle: WBGU 2007, verändert

1. Die Zahl der schwachen und fragilen Staaten als Folge des Klimawandels könnte zunehmen, insbesondere in den schon jetzt als »Hungergürtel« bekannten Regionen der Sahelzone und des südlichen Afrika.
 2. Risiken für die weltwirtschaftliche Entwicklung wären nicht mehr auszuschließen, da sich die Voraussetzungen für regionale Produktionsprozesse und Versorgungsstrukturen drastisch ändern, etwa in Folge regionaler Wasserknappheit.
 3. Die bestehenden Verteilungskonflikte zwischen Hauptverursachern und Hauptbetroffenen des Klimawandels könnten zunehmen. Da der Klimawandel vor allem von den Industrie- und Schwellenländern verursacht wurde und wird, gibt es eine weiter zunehmende Gerechtigkeitslücke zwischen den Staaten, die für den Klimawandel verantwortlich und denen, die überwiegend seinen Folgen ausgesetzt sind.
 4. Die Gefährdung der Menschenrechte und der Legitimation der Industrieländer als »Global-Governance-Akteure« nimmt zu, da ungebremster Klimawandel existenzielle Lebensgrundlagen in Gefahr bringt und zu einer Aushöhlung menschlicher Sicherheit führt. Ungebremster Klimawandel trägt in dieser Hinsicht zur Verletzung von Menschenrechten bei.
 5. Klassische Sicherheitspolitik ist durch die künftigen gesellschaftlichen Wirkungen eines ungebremsten Klimawandels zweifelsohne überfordert.
- Die wichtigsten durch den Klimawandel ausgelösten Sicherheitsrisiken und ihre Brennpunkte sind

in Abb. 5 zusammengefasst. Die Karte zeigt beispielhaft jene Regionen, die sich zu Krisenherden entwickeln können, also weitere Domino-Effekte in den sozioökonomischen Systemen der Staaten auslösen würden. Es wird deutlich, dass ohne eine von den für den Zusatztreibhauseffekt verantwortlichen Industrieländern unterstützte, nachhaltige Entwicklung in den betroffenen Ländern keine Lösung des Klimadilemmas möglich ist (Kates 2001; Banuri 2009; Patt et al. 2010).

Der Weltklimarat hat in seinem vierten Gutachten klare Aussagen über die Notwendigkeit einer Reduktion von Treibhausgasen (*Mitigation*) gemacht, zugleich jedoch auch auf die Notwendigkeit hingewiesen, sich an die schon nicht mehr abzuwendenden Folgen des Klimawandels anzupassen (*Adaptation*; IPCC 2007). Im »Stern-Report« legt der Autor dar, dass je früher wir Maßnahmen zur Begrenzung der Treibhausgasemission ergreifen desto geringer die damit verbundenen Kosten wären (Stern 2006). Der Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen hat dabei detaillierte Vorschläge für Deutschland und Europa entwickelt (WBGU 2003; 2009). Dem Stand der Wissenschaft von Vorbeugungs- und Anpassungsmaßnahmen in den verschiedenen Regionen der Erde ist auch die Humboldt-Jubiläums-Konferenz »Continents under Climate Change« im April 2010 gewidmet (Endlicher & Gerstengarbe 2007; 2010).

Ausgewählte Literatur

Endlicher, W., Gerstengarbe, F.-W. (Hrsg., 2007): Der Klimawandel – Rückblicke, Einblicke und Ausblicke. Potsdam, 134 S.
<http://edoc.hu-berlin.de/miscellanies/klimawandel/>
 Gerstengarbe, F.-W., Werner, P.C. (2009): A short update on Koeppen climate shifts in Europe between 1901 and 2003. *Climate Change* 92, 99–107.
 Lenton, T.M., Kriegler, E., Hall, J.W., Lucht, W.,

Rahmstorf, S., Schellnhuber, H.-J. (2008): Tipping Elements in the Earth’s Climate System. *PNAS*, vol. 105, no. 6, 1786–1793
 Schellnhuber, H.-J. (2009): Tipping elements in the Earth System. *PNAS, USA*, vol. 106, 20561–20563
 Wissenschaftlicher Beirat Globale Umweltveränderungen (2007): Welt im Wandel – Sicherheitsrisiko Klimawandel. Berlin. www.wbgu.de



Prof. Dr. Friedrich-Wilhelm Gerstengarbe

Jg. 1948, ist seit März 2008 S-Professor für Systematische Klimatologie am Geographischen Institut der Humboldt-Universität zu Berlin sowie Leiter der Arbeitsgruppe »Klimaanalyse / Klimaszenarien« am Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung. Arbeitsschwerpunkte: Statistik, Klimaanalyse, Klimawandel und Klimafolgen.

Humboldt-Universität zu Berlin, Geographisches Institut und Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung
 E-Mail: gerstengarbe@pik-potsdam.de
www.pik-potsdam.de/



Prof. Dr. Wilfried Endlicher

Jg. 1947, seit 1998 Professor für Klimageographie und klimatologische Umweltforschung an der Humboldt-Universität zu Berlin und Leiter des Fachgebiets Klimatologie. Arbeitsschwerpunkte: Klimatologie, Stadtökologie, Luftreinhaltung, Landschaftsdegradation.

Humboldt-Universität zu Berlin, Geographisches Institut
 E-Mail: wilfried.endlicher@geo.hu-berlin.de
www.geographie.hu-berlin.de/physische_geographie/klimatologie