

Grenzen menschlicher Existenz

Klimawandel – Menschenwürde – Unschärferelation

herausgegeben
von
Hans Daub

unter Mitwirkung
von
Markus Bente

Sammelband der Winfriedschule Fulda
aus Anlass ihres 85-jährigen Bestehens

Dr. Erich Roeckner, Hamburg

Wie wird das Klima in Europa in der Mitte des 21. Jahrhunderts aussehen?

Diese in der Überschrift gestellte Frage ist eng verknüpft mit der globalen Erwärmung als Folge menschlicher Aktivitäten wie die Verbrennung fossiler Brennstoffe. Dadurch erhöhen sich die Konzentrationen atmosphärischer Treibhausgase wie des Kohlendioxids, aber auch die anderer Spurenstoffe, die in Partikelform (z. B. als Sulfataerosole) einen Teil des Sonnenlichtes reflektieren und damit dem anthropogenen Treibhauseffekt entgegenwirken. Die Folgen für das Klima der Erde können mit Hilfe von Computersimulationen abgeschätzt werden. Dazu werden globale Klimamodelle entwickelt, die die Wechselwirkung zwischen den physikalischen Prozessen in Atmosphäre, Ozean, Meereis und Landoberflächen quantitativ beschreiben. Als Eingabeparameter benötigt das Modell u. a. die Konzentrationen der wichtigsten langlebigen Treibhausgase, während die Konzentrationen kurzlebiger Aerosole, die eng mit internen Prozessen wie Wolken- und Niederschlagsbildung verbunden sind, innerhalb des Klimamodells berechnet werden sollten. Mit einem am MPI für Meteorologie entwickelten Modell wurde das Klima von 1860 bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts simuliert (Roeckner et al., 1999). Dabei wurden die wichtigsten Treibhausgase und Sulfat-Aerosole berücksichtigt, inklusive deren Einfluss auf die Wolkenbildung. Für die Vergangenheit (1860 bis heute) wurden die beobachteten Konzentrationen bzw. Emissionen vorgeschrieben während für die Zukunft angenommen wurde, dass sich die heute beobachteten Trends unvermindert fortsetzen (IPCC 1992; Szenarium IS92a). In dieser Simulation wird bis heute eine globale Erwärmung seit Ende des 19. Jahrhunderts von etwa 0,7 Grad Celsius ($^{\circ}\text{C}$) berechnet. Dieser Wert liegt innerhalb des Bereichs verschiedener Abschätzungen aufgrund von Temperaturmessungen (0,4 bis 0,8 $^{\circ}\text{C}$). Die globale Erwärmung bis zur Mitte des nächsten Jahrhunderts, d.h. die Differenz der Dekadenmittel (2040 bis 2049) minus (1990 bis 1999) liegt bei etwa 0,9 $^{\circ}\text{C}$. Die Erwärmung der Kontinente ist mit 1,4 $^{\circ}\text{C}$ etwa doppelt so groß wie die der Ozeane. Die globale Erwärmung hat eine Zunahme des atmosphärischen Wasserdampfs zur Folge sowie einen verstärkten Wasserdampftransport von den Ozeanen zu den Kontinenten und damit eine Zunahme des Niederschlags über den Landgebieten. Regional sind die Niederschlagsänderungen jedoch sehr verschieden. Dabei fällt generell mehr Niederschlag in hohen Breiten und in Teilen der Tropen, während die regenärmeren Subtropen noch weiter austrocknen. Damit ver-

größern sich die Unterschiede zwischen den feuchten und trockenen Klimaten auf der Erde.

Diese Aussage gilt auch für das Klima in Europa [...]. Allerdings sind die Niederschlagstendenzen in den Winter- bzw. Sommermonaten sehr unterschiedlich. Während der Sommerniederschlag fast überall in Europa abnimmt, wird im Winter ein ausgeprägtes Nord-Süd-Gefälle vorhergesagt mit einer Abnahme im niederschlagsarmen Südeuropa und einer Zunahme im niederschlagsreichen Mittel- und Nordeuropa. Diese Zunahme hängt zusammen mit intensivierter winterlicher Sturmaktivität über dem Nordostatlantik (Ulbrich und Christoph, 1999) und verstärkten Westwinden, die feuchte Luft vom Atlantik heranzuführen. Auffällig ist eine Häufung von Starkniederschlägen und damit eine erhöhte Wahrscheinlichkeit von Überschwemmungen. Dies gilt zum Teil sogar für den Mittelmeerraum, in dem die mittleren Niederschlagsmengen abnehmen. Ursache ist vermutlich der höhere Wasserdampfgehalt der Atmosphäre, der bei extremen Wetterereignissen höhere Niederschlagsmengen ermöglicht als im heutigen Klima. Regionale und jahreszeitliche Unterschiede sind auch in den Temperaturänderungen erkennbar. Während im Sommer die größte Erwärmung von bis zu 2,5 °C in Spanien simuliert wird, sind die Erwärmungen im Winter besonders groß (bis zu 5 °C) in Regionen wie Russland, in denen als Folge der Erwärmung weniger Schnee fällt. Diese Tendenzen sind auch im Jahresmittel in abgeschwächter Form erkennbar [...].

Welche Unsicherheiten gibt es bei derartigen „Klimaprognosen“?

- 1) Die Ergebnisse hängen entscheidend ab vom jeweiligen „Szenarium“, d. h. von den Annahmen über die zukünftige Entwicklung der Weltbevölkerung, der Industrialisierung, des Verbrauchs fossiler Brennstoffe etc.
- 2) Ein Teil möglicher anthropogener Einflussfaktoren wurde bisher vernachlässigt, weil entweder zu wenig über deren physikalisch-chemische Grundlagen bekannt ist (dies gilt für einen großen Teil der Aerosole), oder weil die Komplexität der Prozesse einer Berücksichtigung in Klimamodellen bisher im Wege stand (so fehlt oft die Ozonchemie).
- 3) Natürliche Einflussfaktoren wurden nicht berücksichtigt, weil sie entweder nicht vorhersehbar (Vulkanismus) oder nur unzureichend bekannt sind (längerfristige Trends der Sonnenstrahlung).
- 4) Klimamodelle können immer nur eine angenäherte Simulation des sehr komplexen realen Klimasystems liefern. Generell gilt, dass die Aussagekraft der Modelle umso geringer wird, je kleiner das be-

trachtete Gebiet ist. So können z. B. regionale Details innerhalb Deutschlands weniger genau erfasst werden als Unterschiede zwischen Nord- und Südeuropa. Der Hauptgrund liegt in der noch relativ groben Maschenweite der globalen Klimamodelle von einigen hundert Kilometern, die es nicht erlaubt, Gebirge wie z. B. die Alpen, gut aufzulösen oder auch kleinräumige Prozesse, wie die Wolken- und Niederschlagsbildung, adäquat darzustellen. Hinzu kommt, dass die Modelle derzeit noch unvollständig sind. So bleiben mögliche Änderungen der Vegetation im zukünftigen Klima ebenso unberücksichtigt wie Änderungen in der Masse des Inlandeises. Als Folge der oben skizzierten Klimaänderungen könnte sich die Vegetation ändern und diese Änderung wiederum auf die Temperatur der Landoberfläche zurückwirken (Dümenil Gates und Ließ, 1999). Derartige vegetationsdynamische Rückkopplungen werden vermutlich in der nächsten Generation der Klimamodelle ebenso berücksichtigt werden wie die Wechselwirkung mit chemischen Prozessen in der Atmosphäre.

Literatur

- Dümenil Gates L. und S. Ließ*, 1999: Impacts of deforestation and afforestation in the Mediterranean region as simulated by the MPI atmospheric GCM. MPI-Report 301, ISSN 0937-1060.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*, 1992: Climate Change 1992 – The Supplementary Report to The IPCC Scientific Assessment. JT Houghton, BA Callander and SK Varney (Eds) Cambridge University Press, UK.
- Roeckner E., L. Bengtsson, J. Feichter, J. Lelieveld und H. Rodhe*, 1999: Transient climate change simulations with a coupled atmosphere-ocean GCM including the tropospheric sulfur cycle. *Journal of Climate* 12, 3004–3032. (auch als MPI-Report 266, ISSN 0937-1060)
- Ulbrich U. und M. Christoph* (1999): A shift of the NAO and increasing storm track activity over Europe due to anthropogenic greenhouse gas forcing. *Climate Dynamics* 15, 551–559, ISSN: 0930-7575.