

# Klimawandel global und in Deutschland – Fakten der Vergangenheit und Szenarien der Zukunft

Christian-D. Schönwiese,  
Institut für Atmosphäre und Umwelt der Universität Frankfurt/Main

## Zusammenfassung

Das Klima der Erde ist variabel in allen Größenordnungen der Zeit und des Raums, und dies aus den unterschiedlichsten Gründen (IPCC, 2007; Schönwiese, 2003). Jedoch hat im Industriezeitalter, d.h. in den letzten ca. 100-150 Jahren, eine – im Vergleich zum Klimawandel der letzten Jahrtausende – ungewöhnlich rasche und intensive Erwärmung stattgefunden. Sie lässt sich für die Zeit 1901-2000 und im globalen Mittel durch einen Anstieg der bodennahen Lufttemperatur um 0,7 °C kennzeichnen. Dies hat ausgereicht, um u.a. einen markanten Rückzug des arktischen Meereises und vieler Gebirgsgletscher zu bewirken. Dabei haben die Alpengletscher seit 1850 ungefähr die Hälfte ihres Volumens verloren.

Allerdings läuft der globale Klimawandel räumlich und jahreszeitlich sehr unterschiedlich ab, so dass trotz „globaler Erwärmung“ auch regionale Abkühlungen beobachtet werden. Beim Niederschlag haben wir es generell mit Umverteilungen zu tun. Exemplarisch seien eine Zunahme in Skandinavien und eine Abnahme in der Mittelmeerregion erwähnt. Für Deutschland sind in Tab. 1 die Trends der bodennahen Lufttemperatur und des Niederschlags 1901-2000 bzw. 1951-2000 jahreszeitlich und jährlich zusammengestellt. Dabei ist säkular eine in allen Jahreszeiten nahezu einheitliche Erwärmung erkennbar, die mit einem Jahrestrendwert von 1 °C etwas über dem globalen Mittel liegt. In den letzten Jahrzehnten hat sich insbesondere die winterliche Erwärmung verstärkt, verbunden mit einem sich ebenfalls verstärkenden Niederschlagsanstieg. Ähnliches gilt für Frühling und Herbst, während im Sommer die Niederschläge beschleunigt zurückgehen. Jedoch gibt es selbst innerhalb einer so kleinen Region wie Deutschland markante Unterschiede, insbesondere beim Niederschlag. So ist der winterliche Niederschlagsanstieg vor allem auf die westlichen und südlichen Landesteile konzentriert, der sommerliche Rückgang auf die östlichen.

Tab. 1: Übersicht der beobachteten Temperatur- (bodennah) und Niederschlagstrends in Deutschland (Quellen: Rapp 2000; Schönwiese 2003, ergänzt).

Klimaelement	Frühling	Sommer	Herbst	Winter	Jahr
Temperatur, 1901 – 2000	+ 0,8 °C	+ 1,0 °C	+ 1,1 °C	+ 0,8 °C	+ 1,0 °C
1951 – 2000	+ 1,4 °C	+ 0,9 °C	+ 0,2 °C	+ 1,6 °C	+ 1,0 °C
Niederschlag, 1901 – 2000	+ 13 %	- 3 %	+ 9 %	+ 19 %	+ 9 %
1951 – 2000	+ 14 %	- 16 %	+ 18 %	+ 19 %	+ 6 %

Eine weiteres Problem besteht darin, dass die relativ langfristigen Trends von Fluktuationen und Extremereignissen überlagert sind, wobei die Extremereignisse wegen ihrer Folgen (Todesfälle und wirtschaftliche Schäden) mit Recht besondere Beachtung finden. Beispiele dafür sind in Deutschland der extreme Hitze- und Trockensommer 2003 sowie eine Reihe von Starkniederschlagsereignissen, die zu katastrophalen Hochwässern geführt haben (in jüngerer Zeit u.a. Dezember 1993 und Januar 1995, jeweils Rheinregion; Juli 1997 Oderregion; Mai 1999 Donau- und Bodenseeregion; August 2002 Elberegion; August 2005 nördliche Voralpenregion). Detaillierte Extremwertanalysen (Beck et al., 2007; Jonas et al., 2005) zeigen, dass – wenn auch quantitativ unterschiedlich – die Wahrscheinlichkeit für extrem warme Monate zu- und für extrem kalte (z.B. auch Strengwinter) abnimmt.

Beim Niederschlag ergibt sich aufgrund solcher Analysen eine weitaus kompliziertere Situation. So gibt es im Winter, insbesondere im Westen von Deutschland, Stationen, an denen die Wahrscheinlichkeit sowohl extrem geringer als auch extrem hoher Monatsniederschläge zunimmt, letzteres allerdings meist deutlich ausgeprägter als ersteres. Im Sommer besteht z.B. in Süddeutschland trotz langfristig abnehmendem Niederschlagstrend eine zunehmende Wahrscheinlichkeit für extreme Starkniederschläge. Letztlich muss die Extremwertstatistik für jede Station und jeden Monat separat betrachtet und interpretiert werden.

Die Ursachen des Klimawandels sind nicht weniger vielfältig und kompliziert. Mit Blick auf das Industriezeitalter ist zweifellos die Tatsache wichtig, dass neben natürlichen Vorgängen der Klimafaktor Mensch immer bedeutsamer geworden ist. Das betrifft vor allem die Emission klimawirksamer Spurengase infolge der Nutzung fossiler Brennstoffe (Kohle, Öl, Gas, einschließlich Verkehr), Waldrodungen sowie landwirtschaftlicher und industrieller Produktion. In seinem jüngsten Statusbericht kommt das IPCC (2007) daher auf der Grundlage einer Vielzahl von Klimamodellrechnungen zu dem Ergebnis, dass insbesondere die globale Erwärmung der letzten Jahrzehnte nur aufgrund solcher anthropogener Einflüsse erklärbar ist.

Es kann nicht überraschen, dass die Zukunft sehr unsicher ist. Da viele natürliche Vorgänge nicht oder kaum vorhersagbar sind, beschränkt man sich üblicherweise auf den anthropogenen Spurengaseinfluss, definiert – vor allem aufgrund von möglichen Energiepfaden – alternative Szenarien und berechnet, wiederum mit Hilfe von Klimamodellen, welcher Klimawandel unter solchen Voraussetzungen möglich erscheint. Da sich dies von der Wettervorhersage grundsätzlich unterscheidet, spricht man von bedingten, nämlich Szenarien-gestützten Zukunftsprojektionen. Bei Nutzung verschiedener Modelle erhält man für jedes Szenario eine gewisse Bandbreite von Klimaaussagen. Diese ist selbst bei der bodennahen global gemittelten Lufttemperatur erheblich: Bis 2100 ergeben sich bei bestimmter Szenarienauswahl 1,1 - 6,4 °C Erwärmung (IPCC, 2007). Noch mehr streuen die Klimamodellsimulationen bei den regionalen Strukturen des erwarteten Klimawandels und beim Niederschlag prinzipiell noch mehr als bei der Temperatur.

Hinzu kommt die grobe räumliche Auflösung globaler Klimamodelle. Daher sind u.a. für Deutschland – eingebettet in solche globale Modelle – regionale

Klimamodellrechnungen mit besserer räumlicher Auflösung durchgeführt worden. Ausgewählt sei hier das Modell REMO (Regionales Klimamodell) des Hamburger Max-Planck-Instituts für Meteorologie (Jacob et al., 2006). Die folgende Tabelle fasst die so gewonnenen Klimawandel-Zukunftsprojektionen für Deutschland zusammen. Im Detail zeigen diese Simulationen räumliche Strukturen, die eine recht weitgehende Ähnlichkeit mit den in der Vergangenheit beobachteten Trends aufweisen, so dass einmal mehr viel dafür spricht, dass der anthropogene Klimawandel bereits im Gang ist.

Tab. 2: Summarische Auflistung einiger Klimamodellprojektionen für das 21. Jahrhundert (2071-2100 gegenüber 1961-1990) für Deutschland aufgrund der anthropogenen Emission klimawirksamer Spurengase (anthropogener Treibhauseffekt; nach Jacob, 2006).

- Weitere Erwärmung in allen Jahreszeiten, die im Jahresmittel in etwa 2,5 - 3,5 °C ausmacht; Maxima mit über 4 °C Erwärmung im Süden und Winter.
- Regional unterschiedliche Niederschlagsumverteilungen, Winter Zunahmen um 10-30 %, Sommer Rückgänge ähnlichen Ausmaßes. Frühling und Herbst moderate Zunahmen.
- Häufigere und teilweise auch intensivere Extremereignisse wie insbesondere Hitze-/Trockensommer, winterliche (und herbstliche) Starkniederschläge (mit Überschwemmungsgefahr, dies zum Teil auch im Sommer). Die Hagelgefahr ist schwer abschätzbar, wird aber zumindest nicht abnehmen.
- Beim Wind sind keine markanten Trends zu erwarten. Winterliche und herbstliche Sturmweatherlagen könnten sogar seltener werden, weil die Sturmbahnen dazu neigen, sich polwärts zu verlagern.

In der Konsequenz ergeben sich daraus die folgenden Aspekte:

- Anpassung, so weit möglich, an den nicht mehr vermeidbaren Klimawandel der kommenden Jahrzehnte; dazu gehören u.a. Hochwasserschutz, land- und forstwirtschaftliche Maßnahmen, Gesundheitsvorsorge, Klimaanlage, Optimierung des Wetterwarndienstes.
- Klimaschutzmaßnahmen, insbesondere Emissionsminderungen hinsichtlich der klimawirksamen Spurengase, um den Klimawandel in hoffentlich noch erträglichen Grenzen zu halten.
- Intensive Klimaforschung, um die noch bestehenden wissenschaftlich offenen Fragen zu beantworten bzw. die Unsicherheiten zu verringern. Die gilt sowohl für die Grundlagen- als auch angewandte Forschung, darüber hinaus für alle technischen Entwicklungen, die im Zusammenhang mit der Klimaproblematik hilfreich sein können.

## Literatur

Beck, C., Rudolf, B., Schönwiese, C.-D., Staeger, T., Trömel, S., 2007: Entwicklung einer Beobachtungsdatengrundlage für DEKLIM und statistische Analyse der Klimavariabilität (Abschlussbericht zum DEKLIM-Projekt VASCLimO). Bericht Nr. 6, Inst. Atmosph. Umwelt, Universität Frankfurt/M.

IPCC (Solomon, S., et al., eds.), 2007: Climate Change 2007. The Physical Science Basis; in print, preliminarily available: <http://ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/wg1-report.html>

Jacob, D., et al., 2006: Künftige Klimaänderungen in Deutschland – Regionale Projektionen für das 21. Jahrhundert. Umweltbundesamt, Hintergrundpapier zu einem Forschungs-projekt. <http://www.umweltbundesamt.de/klimaschutz/index.htm>

Jonas, M., Staeger, T., Schönwiese, C.-D., 2005: Berechnung der Wahrscheinlichkeiten für das Eintreten von Extremereignissen durch Klimaänderungen (Schwerpunkt Deutschland). Bericht Nr. 1, Inst. Atmosph. Umwelt, Univ. Frankfurt/M.

Rapp, J., 2000: Konzeption, Problematik und Ergebnisse klimatologischer Trendanalysen für Europa und Deutschland. Bericht Nr. 212, Deut. Wetterdienst, Selbstverlag, Offenbach.

Schönwiese, C.-D., 2003: Klimatologie. 2. Aufl., Ulmer (UTB), Stuttgart.

Schönwiese, C.-D., Janoschitz, R., 2005: Klima-Trendatlas Deutschland 1901-2000. Bericht Nr. 4, Inst. Atmosph. Umwelt, Univ. Frankfurt/M.

Anschrift und Homepage des Autors:

Prof. Dr. Christian-D. Schönwiese,

J.W. Goethe-Universität,

Institut für Atmosphäre und Umwelt,

Postfach 111932, D-60054 Frankfurt a.M.

E-Mail: [schoenwiese@meteor.uni-frankfurt.de](mailto:schoenwiese@meteor.uni-frankfurt.de)

Internet: <http://www.geo.uni-frankfurt.de/iau/klima>