

von Storch · Güss · Heimann

Das Klimasystem und seine Modellierung

Eine Einführung



Springer



Hans von Storch

Jahrgang 1949, hat Mathematik und Physik studiert. Nach dem Diplom in Mathematik erwarb er seinen Dokortitel im Fach Meteorologie, wo er sich auch wenige Jahre später habilitierte.

Am Max-Planck-Institut für Meteorologie wandte er sich der Frage zu, wie mit Klimamodellen sinnvoll zu experimentieren und interpretieren sei – eine Frage nach Informationsgehalt, Realitätsnähe, interdisziplinärem Informationstransfer und -metamorphosen, Reduktion und Komplexität, Determinismus und Zufälligkeit. Seit einigen Jahren leitet er das Institut für Gewässerphysik am GKSS Forschungszentrum mit dem Themenschwerpunkt „Wasser und Klima im Lebensraum Küste“. Neben über 60 Originalpublikationen hat er 5 Bücher geschrieben bzw. zusammengestellt und editiert das Journal „Climate Research“.



Stefan Güss

Jahrgang 1967. Studium der Geoökologie an der Universität Bayreuth mit Schwerpunkten Hydrologie und Meteorologie; Diplomarbeit am Institut für Wasser, Boden und Umwelttechnik der Universität Aalborg.

1994 bis 1996 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Max-Planck-Institut für Meteorologie (Hamburg). 1996 bis 1998 Doktorarbeit am GKSS Forschungszentrum, Geesthacht. Interessen: Statistik und Analyse dynamischer Umweltsysteme, Klima, Transportprozesse, Didaktik.



Martin Heimann

geboren 1949 in Bern, Schweiz. Nach Diplomstudium und Promotion in Physik an der Universität Bern arbeitete er im Bereich der Analyse und Modellierung des globalen

Kohlenstoffkreislaufs an der Scripps Institution of Oceanography in La Jolla, Kalifornien und anschließend am Max-Planck-Institut für Meteorologie in Hamburg. Seit 1998 leitet er als C3 Professor eine unabhängige Arbeitsgruppe am Max-Planck-Institut für Biogeochemie in Jena und befaßt sich mit der Erforschung der biogeochemischen Spurenkreisläufe im globalen Klimasystem.

Das Klimasystem und seine Modellierung

Das Buch bietet eine Einführung in die moderne Klimatologie mit ihren Prognose- und Interpretationsmodellen. Es gibt einen Überblick über die Vorstellungen, die man heute vom Klima und von klimarelevanten Prozessen hat, und wie man diese konzeptionell und quantitativ – also mit Modellen – zu beschreiben versucht. Der Text ist allgemein verständlich geschrieben und setzt keine besonderen Kenntnisse der Mathematik und Physik voraus. Dieses Lehrbuch basiert auf einer Vorlesung am Meteorologischen Institut der Universität Hamburg und richtet sich hauptsächlich an Studenten der Geowissenschaften und Physik, daneben an ebenfalls mit Klima befaßte Disziplinen der Land-, Forst- und Umweltwissenschaften.



<http://www.springer.de>

werden, um die Gleichung (4.2) schließen zu können. Einen auf diese Weise formulierten Zusammenhang nennt man *Parametrisierung*.

Für die *kurzwellige Einstrahlung* F_{KW}^\downarrow kann man sehr gut die solare Einstrahlung am Oberrand der Atmosphäre als Konstante von 342 W/m^2 heranziehen (siehe Abb. 2.2).

Die *kurzwellige Rückstrahlung* wird angesetzt als ein fester Bruchteil α der Einstrahlung. Dieses α , die Albedo, beträgt global bei heutigen Bedingungen etwa **0,3**.

$$F_{KW}^\uparrow = \alpha \cdot F_{KW}^\downarrow \quad (4.3)$$

Die Parametrisierung der *langwelligen Ausstrahlung* kann gut mit physikalischen Gesetzen motiviert werden, da sie nach dem Stefan-Boltzmann-Gesetz im wesentlichen temperaturabhängig ist:

$$F_{LW}^\uparrow = 0,95 \cdot \sigma \cdot T^4 \cdot \tau \quad (4.4)$$

Der Faktor 0,95 berücksichtigt die unterschiedlichen Emissionseigenschaften der gesamten Erdoberfläche, $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/(m}^2\text{K}^4)$ ist die universelle Stefan-Boltzmann-Konstante.

Der Faktor τ ist notwendig, um dem Treibhauseffekt (Abschnitt 2.1) Rechnung zu tragen: Will man die tatsächliche global gemittelte Jahresmitteltemperatur von etwa 288 K reproduzieren, so muß man verhindern, daß die vom Erdboden ausgehende Infrarotstrahlung das System komplett verläßt. Man fügt in Gleichung (4.4) einen Faktor τ hinzu, der die Wirkung von atmosphärischen Substanzen (strahlungswirksame Gase wie CO_2 oder Wolken-Wasser) auf den Durchlaß von Strahlung parametrisiert. Der Faktor τ impliziert eine Reduktion der effektiven atmosphärischen *Transmissivität*, d.h. Durchlässigkeit, für langwellige Strahlung. Die Gleichung (4.4) enthält damit implizit schon die langwellige Strahlung, die an der Erdoberfläche aus der Atmosphäre wieder eintrifft.

Das Modell (4.4) erzeugt die „gewünschte“ Temperatur von 288 Kelvin bzw. $+15^\circ\text{C}$, wenn $\tau = 0,64$ gesetzt wird, so daß 36 Prozent der abgegebenen langwelligen Strahlung zunächst im System verbleiben. Es ist wichtig zu betonen, daß der Wert 0,64 eine indirekt bestimmte Zahl ist („tuning-parameter“), das heißt für obige Modellvorstellung angepaßt worden ist, um die beobachtete Temperatur zu reproduzieren.

Ob dies zurecht geschieht und inwieweit auf diese Weise mit einem mathematischen Trick die Unzulänglichkeiten des Ansatzes (etwa durch Vernachlässigung von Prozessen wie der Wärme- und Feuchteflüsse zwischen Ozean und Atmosphäre) überdeckt wird, kann man nicht mit Gewißheit entscheiden. Es ist aber möglich, mit Daten aus Meßkampagnen am Boden und vom Satelliten aus zu prüfen, ob der Ansatz konsistent (also widerspruchsfrei) mit diesen Beobachtungsdaten ist.

Professor Dr. Hans von Storch

GKSS Forschungszentrum
Max-Planck-Straße 1
D - 21502 Geesthacht
e-mail: storch@gkss.de

Dr. Stefan Güss

GKSS Forschungszentrum
Max-Planck-Straße 1
D - 21502 Geesthacht
e-mail: guess@gkss.de

Dr. Martin Heimann

Max-Planck-Institut für Biogeochemie
Tatzendpromenade 1a
D - 07745 Jena
e-mail: martin.heimann@bgc-jena.mpg.de

ISBN 3-540-65830-0 Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

Storch, Hans von: Das Klimasystem und seine Modellierung : eine Einführung / Hans von Storch ; Stefan Güss ; Martin Heimann. - Berlin ; Heidelberg ; New York ; Barcelona ; Hongkong ; London ; Mailand ; Paris ; Singapur ; Tokio : Springer, 1999

ICBN 3-540-65830-0

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funk-Sendung, der Mikroverfilmung oder Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1999

Printed in Germany

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Buch berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, daß solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (z.B. DIN, VDI, VDE) Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden sein, so kann der Verlag keine Gewähr für die Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.

Herstellung: ProduServ GmbH Verlagsservice, Berlin

Satz: Druckfertige Vorlage von den Autoren

Umschlaggestaltung: Struve & Partner, Heidelberg

SPIN: 10709216

3 5 4 0 6 5 8 3 0 0 - 5 4 3 2 1 0 - Gedruckt auf säurefreiem Papier