

Die für die Veröffentlichung als Vorwort zur Meteorologischen Tagung 1989 eingesetzten Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Deutschen Wetterdienstes sind für ihren Inhalt und die Vollständigkeit der Zusammenfassungen oder Zusammenfassungen der Vorarbeiten der Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Tagung verantwortlich. Die Verantwortlichkeit der Zusammenfassungen nimmt eine spätere zusätzliche Darstellung der Vorarbeiten und ihre Veröffentlichung durch die Autoren an anderer Stelle nicht wahr.

Vorwort ..... 1

Herausgeber **Annalen der Meteorologie**

G. SIEDLER, IM Kiel  
1. u. 2. Auflage der Ausgabe — ein Fortschrittswerk der W.D. 1989  
26

Beitrag von A. Autrophische und ozeanische Fronten  
G. KRÄUSEL und G. BLOEUS, IM Bismarckhafen  
Ozeanische Fronten in der Nordsee und im Nordost  
Übersichtswort ..... 3

R. UNKEN und B. KLEIN, IM F-2  
Skalen der Wellenlänge in der Kapazität der Atmosphäre ..... 5

H. LEACH, IM Kiel  
Synoptikalage Dynamik in der Nordatlantik ..... 7

R. K. SMITH, Universität Münster  
An quasi-steady state model of large-scale atmospheric circulation ..... 11

**Deutsche Meteorologen-Tagung 1989  
vom 16. bis 19. Mai 1989 in Kiel**

K. P. HOINKA, DLR Oberpfaffenhofen  
Die Deutsche Frontogenese ..... 15

M. KÜRZ, Deutscher Wetterdienst, Garmisch-Partenkirchen  
Beziehungen zwischen Zyklogenese und Frontogenese während einer typischen  
Zyklonalentwicklung ..... 19

**Atmosphäre, Ozeane, Kontinente**

H. MALBERG and K. NIKETTA, Freie Universität Berlin  
Minimale biologische Kenngrößen von Kalifornien im nordwestlichen Bismarck ..... 20

A. KHODIN and M. DUNST, Universität Hamburg  
Die Umgestaltung von Hochdruckzentren durch reibungsbedingte Grenzschichteffekte ..... 23

J. KERSMANN and K. KHULBE, Universität Bonn  
Simulation der Ekman-Schicht atmosphärisch beeinflusster Fronten mit einem Prognostik-Modell ..... 25

L. BISCHOPF-GAUSS and F. WITTMANN, T.H. Darmstadt  
Der Nischkopf im Kalifornien und Dichtegradienten — ein quantitativer Vergleich ..... 26

R. G. PETERSON, IM Kiel  
Fronten im oberen Ozean und Wasserhaare der Tropen im westlichen Nordatlantik ..... 28

J. WEFERS, Ch. BEHN and R. BEHN, Universität zu Köln  
Diagnostik der Vertikalwindprofile im Kalifornien — ein Experiment zur Frontogenese ..... 32

G. MÜLLER, IM Bismarckhafen  
Einige Aspekte der Frontogenese in der Atmosphäre ..... 35

Offenbach am Main 1989  
Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes  
ISSN 0072-4122

Die für die Veröffentlichung als Vorabdruck zur Meteorologentagung 1989 eingereichten Manuskripte stellen erweiterte Zusammenfassungen oder Kurzfassungen der Vorträge dar. Für ihren Inhalt sind die Verfasser verantwortlich. Die Wiedergabe der Zusammenfassungen nimmt eine spätere ausführliche Darstellung der Vorträge und ihre Veröffentlichung durch die Autoren an anderer Stelle nicht vorweg.

ISSN 0072-4122

ISBN 3-88148-247-4

---

Herausgeber und Verlag:

Deutscher Wetterdienst, Zentralamt

Frankfurter Straße 135

D-6050 Offenbach a. M.

---

Redaktionsschluß: 7. März 1989

# Die Wirkung der eurasischen Schneebedeckung auf das regionale und globale Klima

T.P.Barnett<sup>1</sup>, L.Dümenil<sup>2</sup>, U.Schlese<sup>2</sup>, E.Roeckner<sup>2</sup>, M.Latif<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Climate Research Group, Scripps Institution of Oceanography, La Jolla, CA 92093

<sup>2</sup> Meteorologisches Institut der Universität Hamburg, Bundesstrasse 55, 2000 Hamburg 13

<sup>3</sup> Max-Planck-Institut für Meteorologie, Bundesstrasse 55, 2000 Hamburg 13

Seit langem wird über die potentielle Bedeutung der eurasischen Schneebedeckung für die Dynamik des globalen Klimas spekuliert. Eingebettet in großräumige Klimavariationen soll ungewöhnlich starke Schneebedeckung in Eurasien einem "schwachen" indischen Sommermonsun vorausgehen. Soweit limitierte Datensätze dies erlauben, wurde diese Hypothese empirisch untermauert.

Simulationen mit einem numerisch-physikalischen Modell der Allgemeinen Zirkulation der Atmosphäre zeigen, daß sich bei einer Abweichung der Schneebedeckung Eurasiens von der klimatologischen Norm tatsächlich signifikante Änderungen des Klimasystems einstellen (1).

Das verwendete Modell erlaubt die Betrachtung des gesamten hydrologischen Zykluses einschließlich Schneefall, Schneeschmelze und Bodenspeicherung. Über längere Zeiträume integriert, simuliert dieses Modell erfolgreich das heutige Klima in seinem Jahresverlauf, wobei auch die Repräsentation des Sommermonsuns und des eurasischen Schneefeldes im Winter – wesentlich für die hier betrachteten Experimente – gut gelingen.

An experimentellen Modellsimulationen wird die Wirkung der beiden Extremfälle – ungewöhnlich starke und ungewöhnlich geringe Schneebedeckung – untersucht. Dazu wird das Modell so verändert, daß sich während der Schneefallperiode im Winter die doppelte (D) beziehungsweise halbe (H) Menge des von der Modell-Atmosphäre erzeugten Niederschlages als Schneedecke am Boden akkumuliert. Durch diese Vorschrift wird ein direkter Eingriff in den Energiehaushalt der Atmosphäre vermieden; die so erzeugten Schneemassenanomalien bewegen sich jedoch im Rahmen tatsächlich beobachteter Klimavariationen für das eurasische Gebiet.

In den Anfangsmonaten der Simulation, während sich die Schneedecke aufbaut, unterscheiden sich die experimentellen Simulationen nur geringfügig von der Kontrollsimulation des heutigen Klimas; erst später im Jahresgang zeigen sich die Unterschiede zwischen den Experimenten.

Die physikalischen Prozesse, über die die Schneedecke auf die Atmosphäre wirkt, sind komplexer Natur. Die Schneedecke wirkt lokal abkühlend, und zwar über eine Erhöhung der Albedo,

des Strahlungsanteils, der in den Weltraum reflektiert wird. Ausschlaggebend für die Erzeugung signifikanter Anomalien in der experimentellen Simulation ist jedoch ein anderer Effekt: Die Schneeschmelze. Die im Frühjahr stärker werdende solare Einstrahlung läßt die Energiebilanz am Boden positiv werden. Die zur Verfügung stehende Energie wird zur Erwärmung des Schnees und schließlich zur Schneeschmelze verbraucht. Im Experiment H (halbe Schneemenge) schmilzt die geringere Schneemenge sehr schnell, das vom Erdboden aufgenommene Schmelzwasser kann rasch verdunsten, und es steht genügend Energie zur Erwärmung des Erdbodens zur Verfügung.

Im D-Experiment (doppelte Schneemenge) reicht die in demselben Zeitraum zur Verfügung stehende Energie nicht aus, um den Schnee zu erwärmen und ganz zu schmelzen. Es dauert länger, bis die Schneeschmelze in einem Gebiet beendet ist. Außerdem entsteht durch die größere Schneemenge mehr Schmelzwasser, das über weite Gebiete den Erdboden sättigt. Somit wird auch der Prozeß der Verdunstung verlängert, und die Erwärmung des Bodens setzt erst spät im Jahr ein. In Eurasien bildet sich damit ein Kälte- und Feuchtereservoir, das als das Gedächtnis des Systems agiert und die durch die Schneedecke ausgelöste Anomalie verlängert.

Die Abkühlungseffekte beschränken sich jedoch nicht nur auf die bodennahen Luftschichten, sondern umfassen die gesamte Atmosphäre bis in große Höhen. Die größere Verdunstung führt lokal zu mehr Wolkenbildung und damit zu geringerer Absorption solarer Einstrahlung. Auch dieser Prozeß verstärkt und verlängert die Wirkung der Anomalie.

Gerade die Erwärmung der asiatischen Landmassen und speziell des Himalayas treibt aber die sommerliche Monsunzirkulation an. Fehlt diese Erwärmung (wie im D-Experiment), reduziert sich der meridionale Temperaturgradient und mit ihm die Luftströmung in den Kontinent hinein, da die Temperatur über dem tropischen Indischen Ozean in den verschiedenen Experimenten unverändert bleibt.

Die Abkühlung über Eurasien im Mai und Juni

(einhergehend mit einer Erhöhung des Bodenluftdrucks) erreicht im D-Experiment dieselbe Größenordnung, wie sie in "schwachen" Monsunjahren tatsächlich beobachtet wird. "Schwacher" Monsun wird durch Abschwächung des Bodenwindes vom Ozean zum Land hin charakterisiert. Gleichzeitig reduziert sich der Niederschlag über Indien und Hinterindien. In der Höhe bremst die abgeschwächte Energiequelle im Tibetischen Hochland den tropischen Ost-Strahlstrom. Alle diese Charakteristika eines schwachen Monsuns werden im D-Experiment (doppelter Schnee) durch die Schneeanomalie im Winter ausgelöst.

Im H-Experiment treten dieselben Abweichungen auf, nur mit umgekehrtem Vorzeichen. Sie entsprechen einem verstärkten Monsun.

Das Monsungebiet ist wegen der großen Menge an Energie, die in den Niederschlagsprozessen freigesetzt wird, sowie durch aufsteigende Luftmassen eine Quelle für Masse und Energie, die beim Absinken den Subtropen und mittleren geographischen Breiten zugutekommen. Außer den regionalen Effekten auf den Monsun kommen in den D- und H-Experimenten deshalb auch globale Abweichungen von der Kontrollsimulation vor. So beschränkt sich die Modifikation des Bodendruckfeldes im D-Experiment nicht auf eine Erhöhung des Bodendrucks über Asien, sondern erweitert sich im späten Frühling auf eine gleichzeitige Erniedrigung des Bodendrucks über Nordamerika und dem Nordatlantik. Dieses Muster der Anomalie stimmt mit entsprechenden Beobachtungsdaten aus "schwachen" Monsunjahren überein.

Diese Fernwirkung der Schneeanomalien erklärt sich durch eine größere Umschichtung atmosphärischer Masse in den mittleren und hohen Breiten der Nordhemisphäre, die in den Monaten Mai bis August stattfindet.

In den Tropen wird im D-Experiment im Frühsommer in großen Höhen eine Anomalie im Massenfeld gefunden, die durch eine Verschiebung und geringere Aktivität der Niederschlagsgebiete im Monsunbereich ausgelöst wird. Im April und Mai treten außerdem aufgrund der Veränderung der Bodenkonvergenz im westlichen Pazifik, die mit den Störungen der Niederschlagsgebiete einhergeht, kurzzeitig signifikante Anomalien im Bodenwindfeld auf. Diese tropischen Anomalien gleichen denen, die in Warm- (D) bzw. Kaltphasen (H) von El Niño/Southern Oscillation Ereignissen (ENSO) beobachtet werden. Dieses Ergebnis ist besonders interessant, denn mit Beobachtungsdaten konnte eine Verbindung zwischen den Phänomenen Monsun und ENSO belegt werden. Die Windstreßanomalie im Zentrum des Pazifiks gleicht im Muster der von beobachteten El Niño Ereignissen,

ihr Wert ist aber nur halb so groß. Trotzdem ist die Anomalie in der Lage, in einem Ozeanmodell, das mit den im D-Experiment erzeugten Windstreßfeldern angetrieben wird, bzw. in einem gekoppelten Modell des Systems Atmosphäre D/Ozean El Niño-ähnliche Ereignisse auszulösen.

Diese Ereignisse sind kurzlebig und schwach, stimmen jedoch qualitativ mit individuellen beobachteten Ereignissen überein. Es kann hier aber nur von einer auslösenden Funktion und nicht von einem Antrieb des El Niño-Phänomens gesprochen werden, da die Zeitbereiche, in denen die Schneeanomalien wirksam sind, wesentlich kürzer sind als die des ENSO selbst, das alle zwei bis sieben Jahre auftritt. Die Bedeutung der Experimente liegt in ihrem Hinweis auf die zusätzliche Rolle von Landoberflächenprozessen (wie der anomalen Schneebedeckung) innerhalb der Vorgänge, die das ENSO Phänomen bestimmen, wie sie bisher nicht in dieser Art vermutet wurde.

#### Literaturverzeichnis

BARNETT, T., L. DÜMENIL, U. SCHLESE, E. ROECKNER und M. LATIF 1989: The Effect of Eurasian Snow Cover on Regional and Global Climate Variations. *J. Atmos. Sci.*, in press.