



Annalen der Meteorologie

**31**

**Deutsche  
Meteorologen-Tagung 1995**

**vom 11. bis 15. September 1995 in München**

---

Offenbach am Main 1995  
Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes  
ISSN 0072-4122

Die für die Veröffentlichung als Vorabdruck zur Deutschen Meteorologen-Tagung 1995 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.

In dem Band Annalen der Meteorologie Nr. 30, Tagung für Alpine Meteorologie in Lindau, sind durch ein Versehen die Seiten 309 und 324 vertauscht. Wir bitten dies zu entschuldigen.

Die Redaktion

ISSN 0072-4122

ISBN 3-88148-311-X

---

Herausgeber und Verlag:

Deutscher Wetterdienst, Zentralamt

Frankfurter Straße 135

D-63067 Offenbach a. M.

---

Redaktionsschluß: 15. Juni 1995

# Zyklonen im warmen Klima

F. Lunkeit<sup>1)</sup>, M. Ponater<sup>2)</sup>, R. Sausen<sup>2)</sup>, M. Sogalla<sup>3)</sup>, U. Ulbrich<sup>3)</sup> und M. Windelband<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup> Meteorologisches Institut der Universität Hamburg, Bundesstr. 55, 20146 Hamburg

<sup>2)</sup> Institut für Physik der Atmosphäre, DLR Oberpfaffenhofen, 82234 Weßling

<sup>3)</sup> Universität zu Köln, Institut für Geophysik und Meteorologie,  
Albert-Magnus-Platz/Kerpener Str. 13, 50923 Köln

<sup>4)</sup> Max-Planck Institut für Meteorologie, Bundesstr. 55, 20146 Hamburg

## 1. Einleitung

Für das Klima in mittleren Breiten ist die barokline Aktivität ein maßgeblicher Faktor. Ihre Stärke und räumliche Struktur steht in direktem Zusammenhang mit Häufigkeit, Intensität und bevorzugten Zugbahnen der Zyklonen. Auf der Nordhemisphäre ist die barokline Aktivität im Mittel entlang zweier sog. Stormtracks konzentriert, wobei das Wettergeschehen in Europa in großem Umfang durch Zyklonen bestimmt wird, die entlang des nordatlantischen Stormtracks ost- oder nordostwärts ziehen.

In der Diskussion regionaler Auswirkungen einer vom Menschen verursachten globalen Klimaänderung durch die Verstärkung des Treibhauseffekts der Atmosphäre kommt daher der Abschätzung möglicher Änderungen der baroklinen Aktivität erhebliche Bedeutung zu. Die aus Ergebnissen von Modellrechnungen oder Beobachtungen gewonnenen Erkenntnisse über zu erwartende Änderungen der mittleren Temperatur- und Windfelder lassen hierzu keine eindeutigen Aussagen zu. So zeigt z.B. der für die barokline Aktivität bedeutsame meridionale Temperaturgradient in verschiedenen Höhen qualitativ unterschiedliche Änderungen.

## 2. Modellsystem und Experimente

Die mögliche Änderung der baroklinen Aktivität wird in dieser Studie anhand Simulationen mit dem globalen gekoppelten Atmosphäre-Ozean Modell ECHAM2/OPYC (Lunkeit et al., 1995) untersucht. In einer Simulation über 100 Modelljahre wurde die effektive CO<sub>2</sub>-Konzentration nach den Vorgaben des IPCC Szenario A kontinuierlich um ca. 1,3 % pro Jahr erhöht. In einer zweiten Simulation (Kontrollsimulation) wurde die Treibhausgaskonzentration auf den Wert von 1985 festgehalten.

Untersucht werden die letzten 10 Jahre des Szenarenexperiments im Vergleich zu den korrespondierenden Jahren der Kontrollsimulation. Hauptuntersuchungsgebiet ist die winterliche Nordhemisphäre (Dezember bis Februar), insbesondere der nordatlantisch/europäische Raum.

## 3. Ergebnisse

Die vom Modell ECHAM2/OPYC simulierte Änderung des mittleren Klimazustands entspricht sowohl in der Amplitude als auch in den Strukturen den Ergebnissen bisheriger Klimaänderungsexperimenten mit gekoppelten Atmosphäre-Ozean Modellen (z.B. Cubasch et al., 1992; Manabe et al., 1991; Murphy und Mitchell, 1995). In den bodennahen Luftschichten findet sich im nordhemisphärischen Winter die stärkste Erwärmung über dem arktischen Meereis und den Zentren der Kontinente. Wie in den bisherigen Experimenten zeigt sich ein lokales Minimum der Erwärmung im nördlichen Nordatlantik. Im Vergleich zu früheren Simulationen wird jedoch die nordatlantische Zyklonenaktivität realistischer wiedergegeben.

Im vertikalen Profil der Klimaänderung zeigt sich eine Abkühlung der Stratosphäre, während die gesamte Troposphäre eine Erwärmung aufweist (Abb. 1). Während sich aber in den unteren Schichten der meridionale Temperaturgradient abschwächt, verstärkt er sich in der oberen Troposphäre, da sich dort das Maximum der Erwärmung in den Tropen befindet. Eine genaue Analyse zeigt, daß die Veränderungen in den oberen Schichten für die barokline Aktivität der extratropischen Troposphäre von größerer Relevanz sind.

In der Eddy-Aktivität sind Änderungen festzustellen, die eng mit den Signalen in der obertroposphärischen Baroklinität zusammenhängen. In der Standardabweichung der bandpassgefilterten geopotentiellen Höhe in 300 hPa zeigt der atlantische Stormtrack im Szenariexperiment eine deutliche Verstärkung und Verlängerung

seines östlichen Ausläufers (Abb. 2). Dieses Signal ist über dem eurasischen Kontinent statistisch signifikant. In der unteren Troposphäre zeigt das Stormtrack-Szenariensignal eine ähnliche großräumige Struktur wie in der oberen Troposphäre. Allerdings ergeben sich regionale Abweichungen und eine geringere statistische Signifikanz. Insgesamt folgt die Stormtrack-Aktivität in der gesamten Troposphäre den dominanten Verstärkungen in der ober- und mitteltroposphärischen Baroklinität und nicht der schwächer ausgeprägten Abnahme der Baroklinität in den unteren Schichten. Im Bereich des pazifischen Stormtracks sind keine signifikanten Änderungen der baroklinen Aktivität nachweisbar.

#### 4. Diskussion

Alle untersuchten Parameter deuten in konsistenter Weise auf eine Verstärkung und Verlängerung des nordatlantischen Stormtracks in einem wärmeren Klima hin. Dies ist in Übereinstimmung mit den Ergebnissen, die in vergleichbaren Simulationen mit anderen Modellen erzielt werden. Dennoch ist bei der Interpretation dieser Resultate Vorsicht geboten. Bedingt durch die geringe horizontale Auflösung der atmosphärischen Komponente des gekoppelten Modellsystems ergeben sich bei der Simulation der Stormtracks und der baroklinen Instabilität Abweichungen des Kontrollzustands von den Verhältnissen in der realen Atmosphäre. Inwieweit die Gültigkeit des gefundenen Klimasignals hierdurch in Frage gestellt wird, läßt sich nur schwer beurteilen. Die Verwendung höher auflösender Atmosphärenmodelle führt zu einer deutlich realistischeren Simulation barokliner Prozesse. Simulationen mit gekoppelten Modellen höherer Auflösung sind aber bisher nicht verfügbar.

#### Literaturverzeichnis

- Cubasch, U., K. Hasselmann, H. Höck, E. Maier-Reimer, U. Mikolajewicz, B.D. Santer and R. Sausen, 1992: Time-dependent greenhouse warming computations with a coupled ocean-atmosphere model. *Clim. Dyn.*, **8**, 55-69.
- Lunkeit, F., R. Sausen und J.M. Oberhuber, 1995: Climate Simulations with the global coupled atmosphere-ocean model ECHAM2/OPYC. Part I: Present-day climate and ENSO events. *Clim. Dyn.*, submitted.
- Manabe, S., R.J. Stouffer, M.J. Spelman and K. Bryan, 1991 Transient response of a coupled ocean-atmosphere model to gradual changes of atmospheric CO<sub>2</sub>. Part I: Annual mean response. *J. Climate*, **4**, 785-818.
- Murphy, J.M. and J.F.B. Mitchell, 1995: Transient response of the Hadley Centre coupled ocean-atmosphere model to increasing carbon dioxide. Part II: Spatial and temporal structure of response. *J. Climate*, **8**, 57-80.

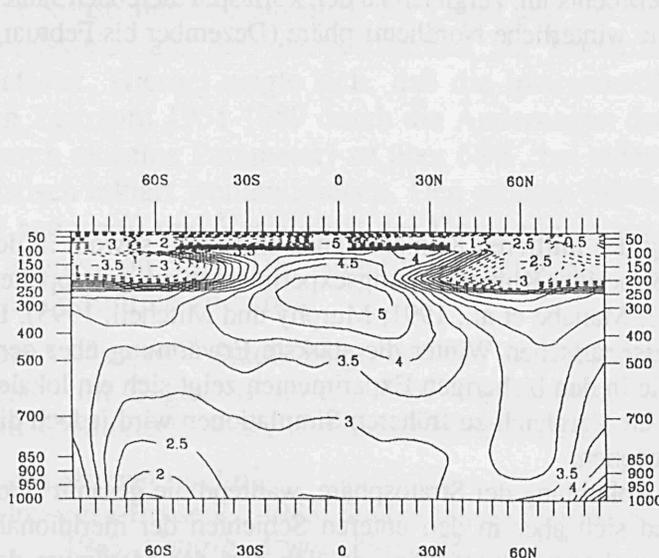


Abb. 1: Änderung der zonal gemittelten Temperatur (in K) im Szenariexperiment .

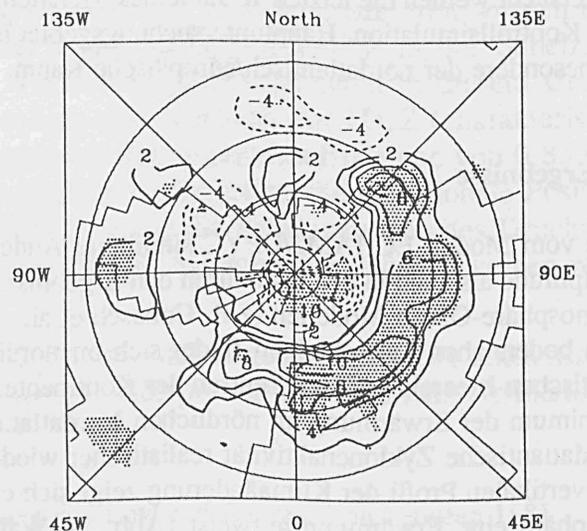


Abb. 2: Änderung der Standardabweichung der band-passgefilterten Höhe der 300 hPa Fläche (in gpm). Signifikante Änderungen (>95%) sind schattiert.