

# Max-Planck-Institut für Meteorologie Hamburg

Gegründet 1975 zur Erforschung der physikalischen Grundlagen des Klimas. Das Institut besteht aus zwei unselbständigen Abteilungen. Eine Abteilung (Hasselmann) befaßt sich mit allgemeinen Fragen der Klimadynamik, unter Berücksichtigung der Wechselwirkungen im System Atmosphäre-Ozean-Eis; die andere (Hinzpeter) untersucht vorwiegend Prozesse in der Atmosphäre, insbesondere in der unteren Grenzschicht.

*Direktor, Wissenschaftliches Mitglied:*

*Prof. Dr. Klaus Hasselmann*

*Direktor am Institut,*

*Wissenschaftliches Mitglied:*

*Prof. Dr. Hans G. T. Hinzpeter*

*42 Mitarbeiter, davon 15 Wissenschaftler, dazu 7 Stipendiaten und 53 Zeithilfen.*

## Physik des Meeres und Klimadynamik (K. Hasselmann)

### *Arbeitsgebiete*

Veränderlichkeit und Vorhersagbarkeit des Klimas, Klimamodelle, Wechselwirkungen Atmosphäre-Ozean-Eis. Strahlungsbilanz der Atmosphäre. Erfassung kleinskaliger Austauschprozesse in Atmosphäre und Ozean, Grenzschichten, Wärmekonvektion, interne Schwerewellen, Seegang, Turbulenz.

### *Ergebnisse*

*Spurenstoffe im Ozean.* Bis etwa 1930 stellte die Analyse der Eigenschaften von

Wassermassen im Ozean die einzige Möglichkeit dar, Schlüsse über die Zirkulation in der Tiefsee zu ziehen. Untersuchungen wurden dabei vor allem Temperatur und Salzgehalt, die als absolute Erhaltungsgrößen angesehen werden, sowie, mit Einschränkungen, Sauerstoff, dessen Verteilung durch biotische Prozesse allerdings modifiziert wird. Durch sorgfältige Interpretation der jeweiligen Mischungsverhältnisse konnte eine qualitative Vorstellung über die globale Tiefenzirkulation des Ozeans gewonnen werden, die im wesentlichen auch heute noch gültig ist.

Obwohl in den letzten 40 Jahren vielfältige weitere Techniken zur Erfassung der ozeanischen Zirkulation entwickelt werden konnten, z.B. automatische Langzeitströmungsmesser, Tiefseepegel, akustische Strömungsmesssysteme und Satelliten geortete Drifter, liefert die klassische Wassermassenanalyse immer noch einen wichtigen Beitrag zum Verständnis der ozeanischen Zirkulation. Die Zahl der interpretierbaren Spurenstoffe (Tracer) im Ozeanwasser hat sich aber entscheidend sowohl durch verfeinerte Meßtechnik als auch durch Emission künstlicher Stoffe erhöht. Zu nennen sind hier vor allem radioaktive Isotope, wie  $^{14}\text{C}$  und  $^3\text{H}$ , und die Chlor-Fluor-Kohlenwasserstoffe. Aus den verschiedenen Zerfallszeiten und Eintragsraten lassen sich quantitative Schlüsse über Wasserumsetzungen in der Tiefsee ableiten. Weltweit verbreitet ist die Technik, den Ozean grob in einige wenige Boxen aufzuteilen und aus den gemessenen mittleren Verteilungen der Tracer in diesen Boxen über Fehlerausgleichsmethoden die

Wasserfrachten zwischen den Boxen zu bestimmen. Die dabei auftretenden Gleichungssysteme sind relativ einfach zu lösen. Bei hochauflösenden Zirkulationsmodellen ist eine solche systematische Parameteranpassung nicht möglich. Hier stellen Vergleiche von Modellergebnissen mit beobachteten Tracerverteilungen eine wesentliche Hilfe dar, die Aussagekraft und Anwendbarkeit des Modells zu testen.

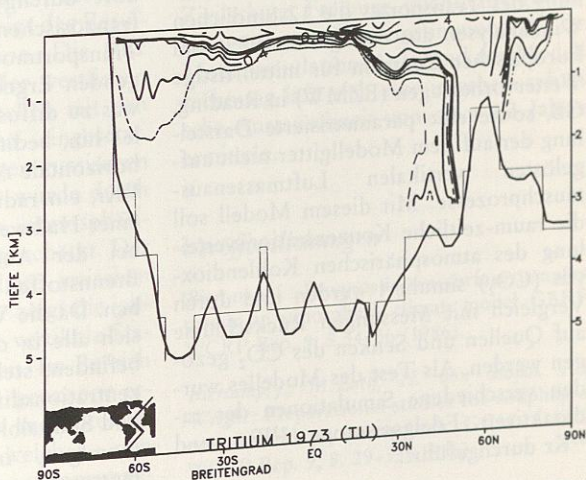
**Tritium.** Bei den großen Kernwaffentests zu Beginn der 60er Jahre wurde vor allem über der Nordhalbkugel eine große Menge Tritium in der Atmosphäre freigesetzt, das dann rasch abregnete und ins Meer gelangte. 12 Jahre später (1973) wurde während der großen GEOSECS Meßkampagne die räumliche Verteilung von Tritium aufgenommen. Die einzige Stelle im Ozean, wo unterhalb von 1 km Tiefe nennenswerte Konzentrationen gefunden wurden, liegt im Nordatlantik, am Südhang der Island-Färöer-Schwelle, wo Tiefenwasser gebildet wird; hier dann gleich bis zu einer Tiefe von 4 km. 10 Jahre später war diese Front etwa 1000 km nach Süden vorgerückt, abgeschwächt durch Vermischung und radioaktiven Zerfall. Abb.1 zeigt die simulierte Tritium Verteilung von 1973 entlang eines Schnittes durch den Westat-

lantik. Die Übereinstimmung mit der Beobachtung ist recht gut.

**<sup>14</sup>C. Radiocarbon** wurde gleichfalls bei den Kernwaffenversuchen freigesetzt. Im Gegensatz zu Tritium wurde es über die ganze Atmosphäre gleichmäßig verteilt und tritt seitdem in die Kohlenstoffspeicher Biosphäre und Ozean ein. Dieses Bomben <sup>14</sup>C stellt eine relativ kleine Störung des natürlichen Inventars dar: Durch kosmische Strahlung wird in der oberen Atmosphäre ständig <sup>14</sup>C produziert, mit nur sehr geringen Schwankungen. Der Eintritt in den Ozean wird behindert durch die Pufferwirkung des Gesamtkarbonatsystems. Während seines Transportes im Ozean zerfällt es dann mit einer Halbwertszeit von 5600 Jahren. Aus der Konzentration von <sup>14</sup>C in einem Wasserkörper der Tiefsee kann somit geschlossen werden, welche Zeit seit dem letzten Kontakt mit der Atmosphäre verstrichen ist. Diese Rückrechnung muß korrigiert werden um den Effekt, daß bei Verbrennung von Kohle und Öl CO<sub>2</sub> produziert wurde, das frei von radioaktiven Anteilen ist. Auf diese Weise wurde das Alter des ältesten Tiefsee-Wasserkörpers auf etwa 1000 Jahre bestimmt.

**Atmosphärische Spurenstoffe.** Unter dem Begriff „atmosphärische Tracer“ werden Spurenstoffe verstanden, die durch die

Abb. 1: Berechnete Tritium Verteilung in TU von 1973 entlang eines Schnittes durch den Westatlantik (1 TU = 119 Bq/m<sup>3</sup>).



Bewegungsabläufe in der Atmosphäre passiv mitgeführt werden. Wenn die spezifischen Auf- und Abbauprozesse eines Tracers bekannt sind, so lassen sich aus seiner gemessenen raum-zeitlichen Konzentrationsverteilung Rückschlüsse auf atmosphärische Transport- und Mischungsvorgänge ziehen. Insbesondere läßt sich die gemessene Konzentrationsverteilung als Test für ein atmosphärisches Transportmodell verwenden. Hierzu kommen allerdings nur Spurenstoffe in Frage, welche genügend genau meßbar sind, um räumliche Gradienten und/oder zeitliche Variationen der Tracerkonzentration mit einer Auflösung zu erfassen, die den Raum- und Zeitskalen der zu untersuchenden Transportprozesse entspricht.

Radioaktiven Edelgasen kommt hier eine besondere Bedeutung zu. Als Edelgas sind sie chemisch inert. Ihre geringe Wasserlöslichkeit verhindert einen nennenswerten Gasaustausch zwischen Atmosphäre und Ozean und macht sie unempfindlich gegenüber Auswaschprozessen in der Troposphäre. Als radioaktive Isotope zerfallen sie mit einer genau bekannten Gesetzmäßigkeit.

Am Institut wurde im Laufe des letzten Jahres ein globales dreidimensionales Transportmodell der Troposphäre installiert. Das Modell benutzt zur Berechnung des Transportes die 12stündlichen Windanalysen aus dem Jahre 1979 vom Europäischen Zentrum für mittelfristige Wettervorhersagen (EZMW) in Reading, GB, sowie eine parametrisierte Darstellung der auf dem Modellgitter nicht aufgelösten vertikalen Luftmassenaustauschprozesse. Mit diesem Modell soll die raum-zeitliche Konzentrationsverteilung des atmosphärischen Kohlendioxids ( $\text{CO}_2$ ) simuliert werden und durch Vergleich mit Messungen Rückschlüsse auf Quellen und Senken des  $\text{CO}_2$  gezogen werden. Als Test des Modelles wurden verschiedene Simulationen der radioaktiven Edelgasisotope  $^{222}\text{Rn}$  und  $^{85}\text{Kr}$  durchgeführt.

$^{222}\text{Rn}$  ist ein radioaktives Isotop in der Zerfallskette des natürlichen  $^{238}\text{U}$ . Es entweicht als Edelgas dem Erdboden und zerfällt in der Atmosphäre mit einer Halbwertszeit von 3,8 Tagen. Aufgrund der relativ kurzen Zerfallszeit ergibt sich ein starker vertikaler Radon-Konzentrationsgradient, welcher als integrales Maß der verschiedenen vertikalen Austauschprozesse gemittelt über einen Zeitraum von etwa 5 Tagen betrachtet werden kann. Je nach vertikaler Stabilität der Atmosphäre beträgt die Konzentrationsabnahme einen Faktor 10–100 zwischen der kontinentalen planetaren Grenzschicht und etwa 10 km Höhe.

Da dem Ozean praktisch kein  $^{222}\text{Rn}$  entweicht, existiert ein starker Radon-Konzentrationskontrast zwischen Luftmassen kontinentalen und ozeanischen Ursprungs, und es stellt sich eine scharfe Konzentrations-„front“ um die Kontinente herum ein. Beim Durchgang eines Tiefs ist es möglich, daß mit  $^{222}\text{Rn}$  angereicherte Luft mehrere Tausend Kilometer weit über den Ozean getragen wird. Mit dem Transportmodell wurde versucht, dieses Verhalten des atmosphärischen Radon zu simulieren. Durch Vergleich der berechneten Zeitserien der Radon-Konzentration für das Jahr 1979 an drei Inseln im Indischen Ozean mit den dort durchgeführten Messungen einer französischen Gruppe läßt sich das Transportmodell überprüfen. Die vorliegenden Ergebnisse weisen auf einen etwas zu diffusiven Charakter des Modelles hin, bedingt durch die relativ grobe horizontale Auflösung von  $8 \times 10$  Grad.

$^{85}\text{Kr}$ , ein radioaktives Edelgasisotop mit einer Halbwertszeit von 10,8 Jahren, wird bei der Aufbereitung von nuklearen Brennstoffen an die Atmosphäre abgegeben. Da die Wiederaufbereitungsanlagen sich alle in der nördlichen Hemisphäre befinden, stellt sich eine Krypton-Konzentrationsdifferenz zwischen Nord- und Südhalbkugel ein, welche vom großräumigen, interhemisphärischen Luftmassenaustausch abhängt. Durch Simu-

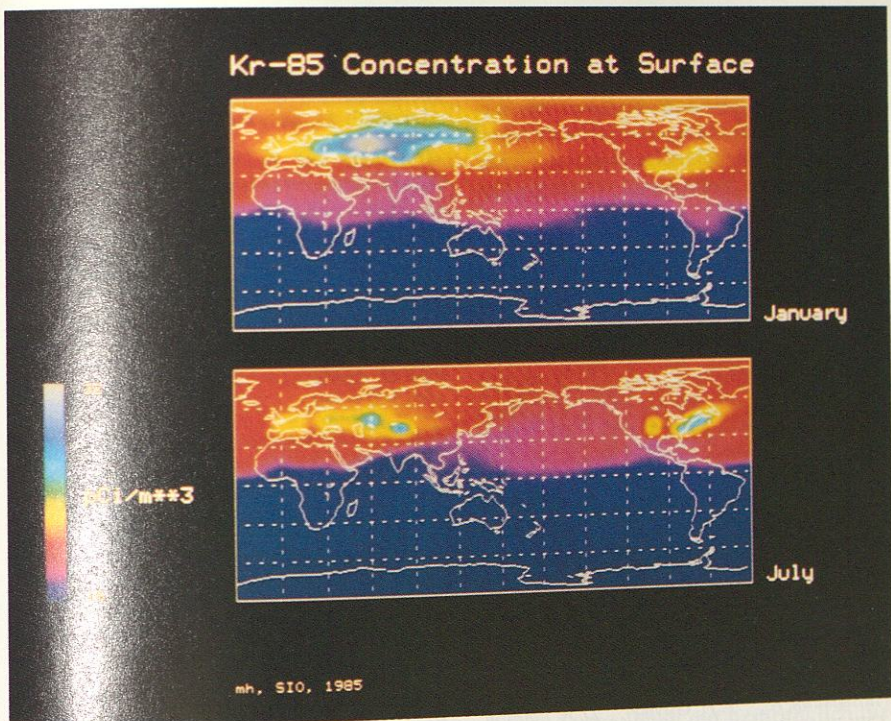


Abb. 2: Berechnete Verteilung der Krypton-85 Konzentration in  $\text{pCi/m}^3$  in der untersten Luftschicht für Januar und Juli ( $1 \text{ pCi/m}^3 = 0.037 \text{ Bq/m}^3$ ).

lation der atmosphärischen Krypton-Konzentrationsverteilung läßt sich das großskalige Transportverhalten des Modelles überprüfen. Abb. 2 zeigt das Resultat einer solchen Simulation. Die  $^{85}\text{Kr}$  Quellen wurden dabei in der westlichen Welt an den bekannten Stellen mit den gemessenen Emissionsraten eingesetzt. Die Quellstärke der einzigen russischen Wiederaufbereitungsanlage wurde durch Berechnung des globalen atmosphärischen Inventars an  $^{85}\text{Kr}$  abgeschätzt. Der Vergleich der Modellresultate zwischen Nord-Sommer und -Winter zeigt die jahreszeitlich unterschiedliche vertikale Stabilität über den Kontinenten. Im Bereich der innertropischen Konvergenzzone ergibt sich ein ausgeprägter meridionaler Konzentrationsgradient, welcher sich jahreszeitlich, vor allem im Monsunge-

biet, etwas verschiebt. Im Bereich des Atlantik ist dieser Konzentrationsgradient durch Messungen des Bundesamtes für Zivilschutz, Freiburg, quantitativ gut dokumentiert, in Übereinstimmung mit der Modellsimulation. Aufgrund der Modellrechnung läßt sich eine interhemisphärische Austauschzeit von etwa 1,3 Jahren ermitteln.

#### Veröffentlichungen

Biercamp, J.: Prognostic sea surface temperature in an atmospheric climate model. GARP/WCRP Rep. 9, 8.34-36 (1986).

Biercamp, J., M. Latif, H. von Storch, P. B. Wright: Preparational studies for coupling an oceanic and an atmospheric GCM. GARP/WCRP Rep. 9, 8. 29-33 (1986).

*Bruns, T. and H. von Storch*: Performance of the ECMWF-T21-GCM in the tropics. GARP/WCRP Rep. 9, 7. 21-24 (1986).

*Feindt, F., J. Schröter and W. Alpers*: Measurement of the ocean wave-radar modulation transfer function at 35 GHz from a sea-based platform in the North Sea. J. Geophys. Res. 91, 9701-9708 (1986).

*Hasselmann, K.*: Wave modelling activities of the WAM group relevant for ERS-1. In: Proc. ESA Workshop on ERS-1 Wind and Wave Calibration, June 2-6, 1986, Schliersee, FRG. ESA SP-262, 173-175 (1986).

- (Ed.): Report of the WOCE-SSG Workshop on Assimilation of Satellite Wind and Wave Data in Numerical Weather and Wave Prediction Models. March 15-26, 1986, at the Eur. Centre for Medium Range Weather Forecasts, Reading, U.K. WMO/TD-No. 148, WCP-122, 58 (1986).

*Hasselmann, K. and W. Alpers*: The response of synthetic aperture radar to ocean surface waves. In: Wave Dynamics and Radio Probing of the ocean surface, Eds. O. M. Phillips, K. Hasselmann. Plenum, New York 1986, 393-402.

*Hasselmann, K., T. H. Guymer, D. R. Johnson, T. Kaneshige, M. P. Lefebvre, C. Rapley, E. Mollo-Christensen, P. Lecomte, J. J. Conde, E. Svendsen and A. Liferman*: The feasibility of an ERS-1 oriented, but scientifically autonomous, international experiment campaign. Rep. Working Group 6. In: Proc. ESA Workshop on ERS-1 Wind and Wave Calibration, June 2-6, 1986, Schliersee, FRG. ESA SP-262, 223-227 (1986).

*Heimann, M. and C. D. Keeling*: Meridional eddy diffusion model of the transport of atmospheric carbon dioxide 1: the seasonal cycle over the tropical Pacific Ocean. J. Geophys. Res. 91, 7765-7781 (1986).

*Heimann, M., C. D. Keeling and I. Y. Fung*: Simulating the atmospheric carbon dioxide distribution with a three-dimensional tracer model. In: The Changing Carbon Cycle: a global Analysis, Eds. J. R. Trabalka, and D. E. Reichle. Springer, New York 1986, 16-49.

*Keeling, C. D. and M. Heimann*: Meridional eddy diffusion model of the transport of atmospheric carbon dioxide 2: The mean annual carbon cycle. J. Geophys. Res. 91, 7782-7796 (1986).

*Kirk, E., H. von Storch u. U. Schlese*: Das Hamburger Referenzexperiment mit dem T21 Modell und dem Einfluß der Wasseroberflächen-temperatur auf das Modellklima. Ann. d. Met. (NF) 23, 88-89 (1986).

*Kruse, H. A. and K. Hasselmann*: Investigation of processes governing the large-scale variability of the atmosphere using low-order barotropic spectral models as a statistical tool. Tellus 38, 12-24 (1986).

*Kruse, H. A. and H. von Storch*: A step towards long range weather prediction: The exceptional atmospheric circulation of January 1983 and its relation to El Niño. Met. Rdsch. 39, 152-160 (1986).

*Lemke, P.*: Stochastic description of atmosphere-sea ice-ocean interaction. In: The Geophysics of sea ice, Ed. N. Untersteiner. Plenum, New York 1986, 785-823.

*Löwe, P.*: On the response of a bulk sea ice model to GCM-generated forcing fields. GARP/WCRP Rep. 9, 8. 43-46 (1986).

*Oberhuber, J. M.*: About Some Numerical Methods Used in an Ocean General Circulation Model with Isopycnic Coordinates. Advanced Physical Oceanographic Numerical Modelling. NATO ASI Series C, Vol. 186. Reidel, Dordrecht 1986, 511-522.

*Olbers, D. J.*: Internal gravity waves. In: Landolt-Börnstein, Vol. 3: Oceanography, Ed. J. Sündermann. Springer, Berlin 1986, 37-82.

- Diagnostic models of ocean circulation. In: Large scale transport processes in oceans and atmosphere, Eds. J. Willebrand and D. L. T. Anderson. Reidel, Dordrecht 1986, 201-223.

*Roeckner, E., P. Löwe and J. Biercamp*: Climate simulations with a simple coupled Model. GARP/WCRP Rep. 9, 8. 34-36 (1986).

*Sausen, R. and K. Barthel*: Coupled atmosphere-ocean model without drift of the prognostic variables. GARP/WCRP Rep. 9, 8. 40-42 (1986).

*Schröter, J.*: Sensitivity analysis of ocean circulation models by non-linear optimization methods. GARP/WCRP Rep. 9, 8. 16-17 (1986).

*Schröter, J. F. Feindt, W. Alpers and W. C. Keller*: Measurement of the ocean wave-radar modulation transfer function at 4.3 GHz. J. Geophys. Res. 91, 923-932 (1986).

Schröter, J. and C. Wunsch: Solution of nonlinear finite difference ocean models by optimization methods with sensitivity and observational strategy analysis. *J. Phys. Oceanogr.* 16, 1855-1874 (1986).

Storch, H. von u. U. Cubasch: Die Antwort der globalen Atmosphäre auf die außergewöhnliche El Niño Meeresoberflächentemperaturanomalie im Januar 1983 - Simulation. *Ann. d. Met.* 23 (NF), 92-93 (1986).

Storch, H. von u. R. Doberitz: Die Antwort der tropischen Atmosphäre auf die außergewöhnliche El Niño Meeresoberflächentemperaturanomalie 1982/83 - Beobachtung. *Ann. d. Met.* 23 (NF), 94-95 (1986).

Storch, H. von and H. van Loon: Atmospheric response to SST anomalies in the SPCZ area GARP/WCRP Rep. 9, 7.21-24 (1986).

Storch, H. von, U. Schlese and E. Kirk: First preliminary results from a TOGA related experiment performed at Hamburg with the ECMWF GCM with T21 resolution. - Report on the Model Intercomparison Workshop, Boulder 7.-9. Dec. 1985. WMO/Techn. Doc. 138/WCP 121, 48-55 (1986).

### Habilitation

Maier-Reimer, E.: A large scale ocean circulation model. Hamburg 1986.

## Physik der Atmosphäre (H. G. T. Hinzpeter)

### Arbeitsgebiete

Turbulente und konvektive Felder in der unteren Troposphäre, insbesondere geordnete konvektive Phänomene (Wolkenstraßen und zelluläre Struktur von Wolken); Fernerkundungsverfahren zur Bestimmung meteorologischer Zustandsgrößen in der Grenzschicht; Wechselwirkung Strahlung-Atmosphäre, insbesondere der Einfluß der Wolken, der Aerosolteilchen sowie atmosphärischer Spurengase.

### Ergebnisse

**Konvektion.** Die vielfach beobachtete Tendenz atmosphärischer Grenzschichtströmungen, sich selbst zu geordneten Strukturen zu organisieren, führt häufig zu Wolkenstraßen, den besonders augenfälligen äußeren Kennzeichen eines rollenähnlichen Konvektionsmusters.

Beobachtungen zeigen, daß die Länge dieser parallel zueinander angeordneten Wolkenbänder zwischen 20 und 500 km liegt und der Abstand zweier Bänder und somit die horizontale Wellenlänge eines Wirbelpaares 2 bis 8 km beträgt. Die vertikale Mächtigkeit der Wirbel variiert zwischen 0,8 und 3 km. Sie sind nach oben hin meist durch eine Inversion begrenzt. Für das Verhältnis von Durchmesser zu Höhe der Konvektionsschicht, das sogenannte Aspektverhältnis, werden im allgemeinen Werte zwischen zwei und vier gefunden.

Bereits eine einfache lineare Theorie erklärt dieses Phänomen. Sie zeigt, daß sich in Strömungen mit ursprünglich turbulentem Austausch bei kritischen Dichtegradienten oder bestimmten Krümmungen des vertikalen Geschwindigkeitsprofils Störbewegungen relativ kleiner Wellenzahlen ausbilden müssen, die auch in Gegenwart statistischer Turbulenz den weitaus größten Teil der vertikalen Transporte leisten und so für eine gute Durchmischung der Grenzschicht sorgen. Die lineare Theorie liefert in Übereinstimmung mit der Beobachtung ein Aspektverhältnis von etwa drei. Sie vermag allerdings nur den Einsatz der Konvektion, nicht aber die zeitliche Entwicklung der Rollen zu beschreiben und läßt auch keine quantitativen Aussagen über die mit ihnen verbundenen Transporte von Impuls und Energie und deren Änderung mit der Höhe zu.

Die mit einem nichtlinearen, zweidimensionalen Spektralmodell gewonnenen Ergebnisse verdeutlichen, wie die Dynamik und die Struktur der Rollen vom Verhältnis von Auftriebs- zu Scherkräften

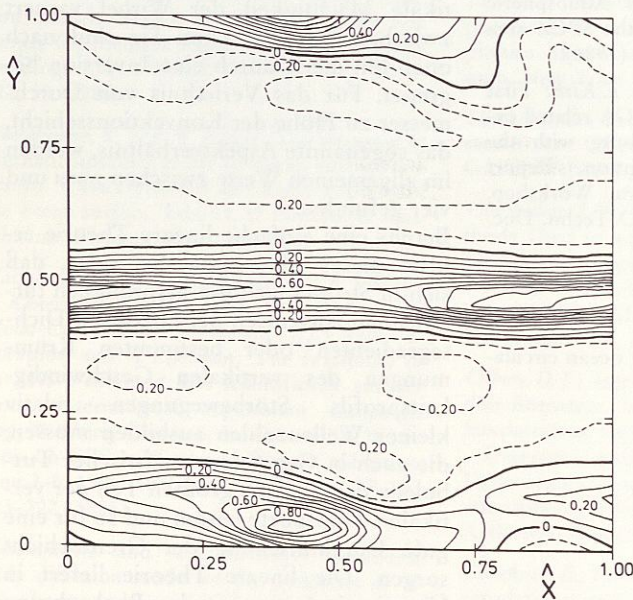
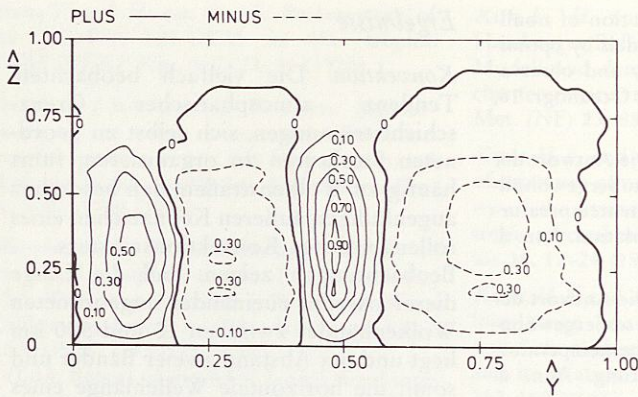


Abb. 3: Vertikal- (oben) und Horizontalschnitt (unten) durch Konvektionsrollen, die sich in einem dreidimensionalen Modell nach 3,4 Stunden Integrationszeit entwickelt haben. Dargestellt sind Isolinien der Vertikalgeschwindigkeit in Vielfachen des Maximalwertes (0,3 m/s), wobei durchgezogene Linien aufwärtsgerichtete Bewegung andeuten. Die Orientierung des Koordinatensystems wurde so gewählt, daß die x-Achse mit der Hauptwindrichtung zusammenfällt. Die z-Achse ist mit der Schichtdicke von 1550 m, die y-Achse mit der Kantlänge des Gebietes von 4650 m normiert.

beeinflusst wird. Insbesondere kann gezeigt werden, daß unter typischen atmosphärischen Bedingungen die Wirbel ihre Energie primär aus der potentiellen Energie der Dichteschichtung beziehen und in geringerem Maße durch die kinetische Energie der Grundströmung gespeist werden. Beim Vergleich zwischen gemessenen und berechneten Kenngrößen der Zirkulation bleibt jedoch das Spektralmodell hinter den Erwartungen zurück. Eine weitere Schwäche des zwei-

dimensionalen Modells besteht darin, daß der Orientierungswinkel der Rollen vorgegeben werden muß.

In Erweiterung dieser Arbeiten wurde daher ein dreidimensionales Gitterpunktmodell entwickelt, um die Brauchbarkeit der zweidimensionalen Näherung zu überprüfen.

Mit diesem Modell wurde versucht, einen während des KonTur-Experimentes 1981 (Konvektion und Turbulenz über der Nordsee) beobachteten Fall von

Wolkenstraßen zu simulieren. Die Rechnungen ergeben, daß sich geordnete Strukturen mit einem Aspektverhältnis von etwa drei entwickeln, die durch Rückkopplungsprozesse die instabilen Grundstromprofile so verändern, daß sie in Verbindung mit der Sekundärzirkulation eine stabile Konfiguration darstellen. Das berechnete Strömungsfeld weist eine auffällige gebänderte Struktur auf, deren Orientierung in etwa mit der Hauptwindrichtung übereinstimmt. Abb. 3 zeigt eine typische Realisation der Sekundärzirkulation für eine instabil geschichtete atmosphärische Grenzschicht, in der die Rollen durch thermischen Antrieb erzeugt werden. Beim Vergleich der berechneten Höhenprofile der Geschwindigkeitsvarianzen und der Vertikaltransporte von Impuls und Temperatur mit den aus Meßdaten abgeleiteten Profilen wurde eine gute Übereinstimmung erzielt.

## Veröffentlichungen

*Ansmann, A. and J. Bösenberg:* Correction of Doppler-Broadened Rayleigh-Backscattering Effects in H<sub>2</sub>O-Dial Measurements. In: Proc. 13. Int. Laser Radar Conf., Toronto, Canada Aug. 1986. NASA, Hampton/Virginia, 70-72.

*Bakan, S.:* Secondary Flow and Convective Transports: State of Research. In: Proc. Alfred-Wegener-Konf. on Ground Based Remote Sensing Techniques for the Troposphere, Hamburg, Aug. 1986. MPI für Meteorologie, Hamburg 1986, 218-240.

*Becker, P.:* A Simple Method for Parameterizing Cumulus Cloud Amount. Beitr. Phys. Atm. 59, 399-408 (1986).

*Bösenberg, J., A. Ansmann and H. Linné:* A Differential Absorption LIDAR System for High Resolution Water Vapor Measurements in the Troposphere. In: Proc. Alfred-Wegener-Konf. on Ground Based Remote Sensing Techniques for the Troposphere, Hamburg, Aug. 1986. MPI für Meteorologie, Hamburg 1986, 81-90.

*Brümmer, B. (Ed.):* KONTROL 1985 - Field Phase Report. Hamburger Geophys. Einzelschr. B5, 99 (1986).

*Brümmer, B., T. Fischer and S. Zank:* Aircraft Observations of Cellular Structures during KonTur. Beitr. Phys. Atm. 59, 161-184 (1986).

*Coulmann, S., S. Bakan and H. Hinzpeter:* A Cloud Climatology for the South Atlantic Derived from METEOSAT I Images. Tellus 38A, 453-461 (1986).

*Grant, A. and S. Zank:* A Intercomparison of Turbulence Data Obtained by two Aircraft during Kontur. Beitr. Phys. Atm. 59, 185-194 (1986).

*Graßl, H., M. Riechers and A. Manschke:* Performance of Computer Simulations of LIDAR Measurements from Space. Final Rep. Estec Contract No. 5798/84NL/PR, 115 (1986).

*Kirtzel, H.-J.:* Measurements of Momentum Fluxes: An Attempt. In: Proc. Alfred-Wegener-Konf. on Ground Based Remote Sensing Techniques for the Troposphere, Hamburg, Aug. 1986. MPI für Meteorologie, Hamburg 1986, 213-217.

*Peters, G.:* RASS-Temperature Sounding Using a FM-CW-Radar. In: Proc. Alfred-Wegener-Konf. on Ground Based Remote Sensing Techniques for the Troposphere, Hamburg, Aug. 1986. MPI für Meteorologie, Hamburg 1986, 20-30.

- Wind Profiling by FM-CW-Radar. In: Proc. Alfred-Wegener-Konf. on Ground Based Remote Sensing Techniques for the Troposphere, Hamburg, Aug. 1986. MPI für Meteorologie, Hamburg 1986, 174-184.

- Heat Flux Measurement by Combination of SODAR and RASS. In: Proc. Alfred-Wegener-Konf. on Ground Based Remote Sensing Techniques for the Troposphere, Hamburg, Aug. 1986. MPI für Meteorologie, Hamburg 1986, 194-198.

- Mean Wind Fields and its Variance, Measured by Doppler-SODAR. In: Proc. Alfred-Wegener-Konf. on Ground Based Remote Sensing Techniques for the Troposphere, Hamburg, Aug. 1986. MPI für Meteorologie, Hamburg 1986, 241-258.

- Akustische und radioakustische Meßverfahren in der Meteorologie. Fortschritte der Akustik. - DAGA '86, 113-119 (1986).

*Shirer, H. N.:* On Cloud Street Development in three Dimensions: Parallel and Rayleigh Instabilities. Beitr. Phys. Atm. 59, 126-149 (1986).



*Shirer, H. N. and B. Brümmer:* Cloud Streets during KonTur. A Comparison of Parallel/Thermal Instability Modes with Observations. Beitr. Phys. Atm. 59, 150-161 (1986).

### Dissertationen

*Chlond, A.:* Numerische Untersuchungen mit Spektralmodellen zur Stabilität und Dynamik von Rollen in einer durch eine Inversion abgeschlossenen atmosphärischen Grenzschicht. Hamburg 1986.

*Dibbern, J.:* Die Fernerkundung der Polarisations-eigenschaften des Niederschlags mit einem bistatischen Polarisationsdiversity-Radar bei 33 GHz. Hamburg 1986.

### Diplomarbeiten

*Cieszelski, R.:* Zwei Fallstudien geordneter Konvektion anhand von Flugzeugmessungen

während des Experiments KonTur. Hamburg 1986.

*Heinken, L.:* Bedeckungsgrad in konvektiven Situationen. Hamburg 1986.

*Hollweg, H.-D.:* Darstellung spektraler Transmissionsfunktionen mit Hilfe der Häufigkeitsverteilung von Absorptionskoeffizienten und die mit ihnen berechneten Erwärmungsraten. Hamburg 1986.

*Sündermann, A.:* Die Entwicklung einer stabilen Grenzschicht beim Strömen einer warmen Luftmasse über kaltes Wasser – ein einfaches Modell und Vergleich mit KONTROL-Beobachtungen. Hamburg 1986.

### Anschrift

Bundesstraße 55, 2000 Hamburg 13  
Tel. 040/41141