

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

44 Mitarbeiter, davon 15 Wissenschaftler, dazu 6 Stipendiaten und 55 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

Klimadynamik. Die Kryosphäre, d. h. die eisbedeckte Fläche der Kontinente und

Ozeane, ist einer der bedeutendsten Indikatoren für Klimaschwankungen. Beobachtungen über das Verhalten des Meereseises und der kontinentalen Eismassen gibt es räumlich begrenzt schon über einen längeren Zeitraum, aber erst seit der Benutzung von Satelliten für die Erkundung Anfang der 70er Jahre existieren globale Datensätze für die Eisausdehnung. In den letzten Jahren sind zudem Methoden entwickelt worden, die Dicke der Eisschilde auf den Kontinenten von Satelliten aus zu messen. Mit der Verbesserung der Datensätze ist auch das Testen verschiedener Modellvorstellungen über Variationen der Kryosphäre ermöglicht worden. Aufgrund der unterschiedlichen Dynamik und der Randbedingungen trennt man in der Kryosphäre das Meereis vom Inlandeis. Das Meereis ist salzig, nur einige Meter dick und starken jahreszeitlichen Schwankungen ausgesetzt. Inlandeis ist gefrorenes Süßwasser (Schnee), bis zu mehreren Kilometern dick und gehört klimatologisch zu den sehr langsamen Variablen (10^2 bis 10^5 Jahre).

Inlandeis. In den letzten Jahren konnten Geologen die grobe räumliche und zeitliche Struktur der eiszeitlichen Klimaschwankungen aus der Analyse von Tiefseesedimenten und Landablagerungen ableiten. Damit eröffnet sich die Möglichkeit, Klimamodelle auch auf diesen langen Zeitskalen mit Daten zu vergleichen, wobei die Zeitskala im wesentlichen durch die Dynamik des Inlandeises bestimmt wird. Dies war das Hauptmotiv zur Entwicklung eines dreidimensionalen Inlandeismodells. Das Modell wurde zunächst am Beispiel der Antarktis getestet.

Für eine feste Form des Eisschildes ist die Geschwindigkeitsverteilung (1 bis 100 m/Jahr) im Inneren über ein nichtlineares (plastisches) Fließgesetz in der sogenannten Inlandeishnäherung festgelegt (horizontale Ableitungen der Geschwindigkeitskomponenten werden vernachlässigt). Die Deformation des Eises nimmt mit der dritten Potenz der Komponenten des Tensors der Scherkräfte und exponentiell mit der Temperatur zu. In Abb. 1 ist der so bestimmte vertikal integrierte Eisfluß des Antarktischen Eisschildes dargestellt. Aus der Gleichung für die Erhaltung der Wärmeenergie kann die zeitliche Änderung der Temperatur im Inneren des Eises berechnet

werden. Bei festen Randbedingungen (Temperatur der Eisoberfläche und geothermischer Wärmefluß am Eisboden mit $5 \cdot 10^{-2} \text{ W/m}^2$) wurde die Temperaturentwicklung bis zum stationären Gleichgewicht modelliert. Die resultierende Temperaturverteilung ist in qualitativer Übereinstimmung mit den spärlichen Messungen in der Antarktis. Die Temperatur nimmt erst langsam, dann schneller mit der Eistiefe zu (10° C/km) und erreicht am Eisboden teilweise den Schmelzpunkt. Abweichungen um einige Grad sind zu erwarten, da weder die empirischen Konstanten des Fließgesetzes noch der geothermische Wärmefluß genau bekannt sind. Ferner hängt die reale Tem-

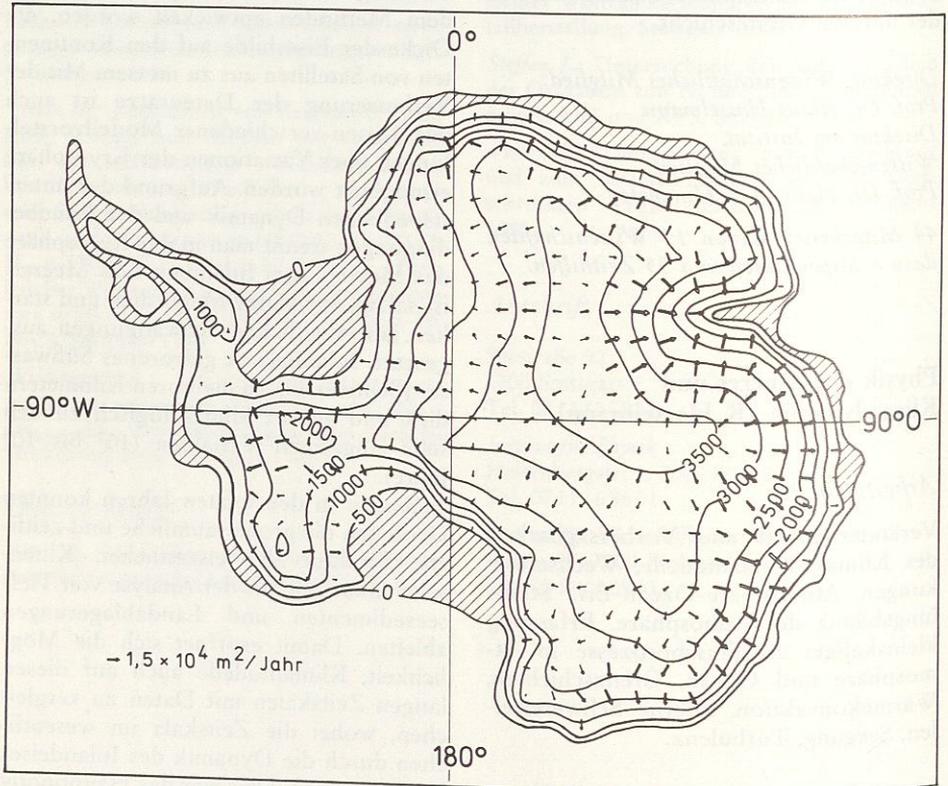


Abb. 1: Berechnete vertikal integrierte Eisgeschwindigkeit im Inlandeis der Antarktis (proportional zum Quadrat der Länge der Pfeile) und Eishöhe in Metern über NN. In den schraffierten Bereichen (Schelfeis) ist die Inlandeishnäherung (siehe Text) nicht mehr gültig.

peraturverteilung noch von den Klimaschwankungen der vergangenen Jahrtausende ab, die in der Berechnung der Gleichgewichtstemperatur unberücksichtigt bleiben.

Meereis. Die Ausdehnung des Meereises hängt entscheidend vom Zustand der obersten Schicht des Ozeans ab. Gewöhnlich ist diese Schicht durch Wind und Wärmeflüsse (Abkühlung) homogen durchmischt. Die Tiefe der Schicht variiert mit den Jahreszeiten (Sommer: ≈ 20 m, Winter: ≈ 100 m). Unter der Deckschicht befindet sich eine Zone, in der die Dichte mehr oder weniger stark zunimmt. Wie leicht sich die Deckschicht durch Vermischung mit dem darunterliegenden Wasser infolge Abkühlung oder Windeinwirkung an der Oberfläche vertiefen kann, hängt wesentlich von der Stärke dieses Dichtegradienten ab.

In den Polarregionen ist die Dichte des Meerwassers hauptsächlich durch den Salzgehalt bestimmt. Die Temperatur spielt eine untergeordnete Rolle. In den Polargebieten ist der Ozean in tiefen Schichten sogar wärmer ($\approx 1^\circ\text{C}$) als an der Oberfläche ($\approx -2^\circ\text{C}$), ganz im Gegenteil zu den gemäßigten Breiten. Die Tatsache, daß wärmeres Wasser unterhalb der polaren Deckschicht liegt, führt zu einer besonderen Form der Wechselwirkung zwischen dem Meereis und den tieferen Schichten des Ozeans. Der Salzgehalt des Meeres beträgt etwa 34‰ , der des Meereises aber nur 5‰ . Wenn durch Abkühlung Meerwasser gefriert, wird Salz frei. Dadurch wird die Dichte der Deckschicht größer, und das Absinken des schwereren Wassers führt zu einer Vertiefung. Mit der Vertiefung der Deckschicht wird jedoch wärmeres Wasser in die oberste Schicht des Ozeans eingemischt, das dann zu einem teilweisen Schmelzen des Meereises führt. Ist der obere Ozean nur wenig stabil geschichtet, so daß große Vertiefungsraten auftreten, dann ist es möglich, daß das gesamte Meereis schmilzt. Dies könnte einen wichtigen Mechanismus für die Ent-

stehung einer Polynya, d.h. einer eisfreien Stelle im ansonsten eisbedeckten Ozean, darstellen. In einem numerischen Experiment mit einem gekoppelten eindimensionalen Meereis-Ozean-Modell wurde dieser Prozeß verifiziert.

Das gleiche Modell wurde benutzt, um die Frage zu untersuchen, ob die Umleitung von einigen sibirischen Flüssen nach Süden einen Einfluß auf die Dicke des arktischen Meereises hat. Der Arktische Ozean ist durch die Frischwasserzufuhr der großen sibirischen Flüsse relativ stabil geschichtet. Wird nun die Frischwasserzufuhr reduziert, dann wird die Schichtung des arktischen Ozeans weniger stabil. Größere Vertiefungsraten und damit eine Reduzierung der Eisdicke durch das eingemischte wärmere Wasser unterhalb der Deckschicht wären möglich. Numerische Experimente haben ergeben, daß eine Reduktion der Frischwasserzufuhr um ein Drittel zu einer Verringerung der Meereisdicke um 3% führt. Eine 50%ige Reduktion erzeugt eine 19%ige Verringerung der Meereisdicke. Da die geplanten Flußumleitungen zu einer Frischwasserreduktion von unter 10% führen sollten, ist ein merkbarer Effekt auf das Meereis im Arktischen Ozean nahezu auszuschließen (*Herterich, Lemke*).

Veröffentlichungen

Attema, E., L. Bengtsson, L. Bertotti, L. Cavaleri, A. Cavanie, R. Frasseo, T. Guymet, K. Hasselmann (Chairman), T. Kaneshige, G. Komen, D. Offiler, S. Larsen, J. Louet, N. Pierdicca, J. Powell, C. Rapley, W. Rosenthal, K. Schwenzfeiger, J. Thomas, P. Trivero and W. J. P. de Voogt: Report of the Working Group on Wind and Wave Data. In: Proc. Conf. On the Use of Satellite Data in Climate Models, Alpbach, Austria, 10–12 June 1985. ESA SP-244, XIII–XVI (1985).

Augstein, E., D. Croom, M. Drinkwater, G. Duchossois, T. Fichefet, J. G. Gascard, P. Gudmandsen, M. Hallikainen, W. D. Hibler, R. Kuittinen, P. Lemke, C. Mätzler, N. McIntyre, W. Raitte, H. Rott and J. Rubinstein: Report of the Wor-

king Group on Ice Monitoring and Research. In: Proc. Conf. on the Use of Satellite Data in Climate Models, Alpbach, Austria, 10-12 June 1985. ESA SP-244, XIX-XXII (1985).

Bacastow, R. and E. Maier-Reimer: Circulation Model of the Ocean Carbon Cycle. 1. Description of the Model. In: Proc. Conf. on Atmospheric Carbon Dioxide, its Sources, Sinks and Global Transport, Kandersteg, Switzerland, 2-6 September 1985. IAMAP Report, 224-232 (1985).

- Circulation Model of the Ocean Carbon Cycle. 2. Comparison of Model Results with Observational data. In: Proc. Conf. on Atmospheric Carbon Dioxide, its Sources, Sinks and Global Transport, Kandersteg, Switzerland, 2-6 September 1985. IAMAP Report, 233-240 (1985).

Barry, R. G., F. D. Carsey, R. Colony, G. Duchossois, J. C. Gascard, L. Gray, P. Gudmandsen, P. Lemke, D. C. McKay, L. McNutt, R. E. Moritz, B. Owens, R. O. Ramseier, A. J. Semtner, E. Svendsen, G. Symonds, R. H. Thomas, P. Wadhams, W. Weeks and J. Zwally: A Programme for International Polar Oceans Research, IPIOR Science Working Group Report. ESA SP 1074, 42S. (1985).

Bruns, T.: Contribution of linear and nonlinear processes to the long term variability of large-scale atmospheric flows. *J. Atm. Sci.* **42**, 2506-2522 (1985).

Hannoschöck, G. and C. Frankignoul: Multivariate statistical analysis of a sea surface temperature anomaly experiment with the GISS general circulation model. *J. Atm. Sci.* **42**, 1430-1450 (1985).

Hasselmann, K.: Climate modelling activities at the Max-Planck-Institute of Meteorology, Hamburg. Bericht für die Kommission der Europäischen Gemeinschaften, 1985, 23 S.

- Assimilation of microwave data in atmospheric and wave models. In: Proc. Conf. on the Use of Satellite Data in Climate Models, Alpbach, Austria, 10-12 June 1985. ESA SP-244, 47-52 (1985).

Hasselmann, K., R. K. Raney, W. J. Plant, W. Alpers, R. A. Shuchman, D. R. Lyzenga, C. L. Rufinach and M. J. Tucker: Theory of SAR ocean wave imaging: A MARSEN view. *J. Geophys. Res.* **90**, 4659-4686 (1985).

Hasselmann, S. and K. Hasselmann: Computation and parameterizations of the nonlinear energy transfer in a gravity wave spectrum.

Part I: A new method for efficient computations of the exact non linear transfer integral. *J. Phys. Oceanogr.* **15**, 1369-1377 (1985).

- The wave model EXACT-NL. In: Ocean Wave Modelling, The SWAMP Group. Plenum Press, New York 1985, 249-251.

Hasselmann, S., K. Hasselmann, J. H. Allender and T. P. Barnett: Computations and parameterizations of the nonlinear energy transfer in a gravity wave spectrum. Part II: Parameterizations of the nonlinear energy transfer for application in wave models. *J. Phys. Oceanogr.* **15**, 1378-1391 (1985).

Heimann, M. and C. D. Keeling: A three dimensional model of atmospheric CO₂ transport based on observed winds: Analysis of the seasonal cycle of CO₂. In: Proc. Conf. on Atmospheric Carbon Dioxide, its Sources, Sinks, and Global Transport, Kandersteg, Switzerland, 2-6 September 1985. IAMAP Report, 244-252 (1985).

Hibler, W. D.: Sea ice models and remote sensing. In: Proc. Conf. on the Use of Satellite Data in Climate Models, Alpbach, Austria, 10-12 June 1985. ESA SP-244, 87-94 (1985).

Johnson, C., P. Lemke and T. Barnett: Linear prediction of sea ice anomalies. *J. Geophys. Res.* **90**, 5665-5675 (1985).

Keeling, C. D., M. Heimann and R. A. Houghton: A three dimensional model of atmospheric CO₂ transport based on observed winds: 3. Analysis of the mean annual gradients of CO₂. In: Proc. Conf. on Atmospheric Carbon Dioxide, its Sources, Sinks, and Global Transport, Kandersteg, Switzerland, 2-6 September 1985. IAMAP Report, 253-260 (1985).

Keeling, C. D., M. Heimann and W. G. Mook: A three dimensional model of atmospheric CO₂ transport based on observed winds: 1. Observational data and model. In: Proc. Conf. on Atmospheric Carbon Dioxide, its Sources, Sinks and Global Transport, Kandersteg, Switzerland, 2-6 September 1985. IAMAP Report, 10-17 (1985).

Latif, M., E. Maier-Reimer and D. J. Olbers: Climate variability studies with a primitive equation model of the equatorial Pacific. In: Coupled Ocean-Atmosphere Models, Ed. J. C. J. Nihoul. Elsevier, Amsterdam 1985, 63-81.

Lemke, P.: High latitude data requirements for climate models. In: Proc. Conf. on the Use of

Satellite Data in Climate Models, Alpbach, Austria, June 1985. ESA SP-244, 99 (1985).

Maier-Reimer, E., K. Hasselmann, H. Lieth u. G. Esser: Entwicklung eines globalen Kohlenstoff-Kreislauf-Modells. UBA-Forschungsberichte 10402619 und 10402620, 2 Bde. (1985).

Olbers, D. J.: Diagnostic inverse models of ocean circulation. In: Proc. Conf. on the Use of Satellite Data in Climate Models, Alpbach, Austria, June 1985. ESA SP-244, 65-66 (1985).

Olbers, D. J., M. Wenzel and J. Willebrand: The inference of North Atlantic circulation patterns from climatological hydrographic data. *Rev. Geophys.* 23, 313-356 (1985).

Storch, H. von and H. A. Kruse: The significant tropospheric midlatitudinal El Niño response patterns observed in January 1983 and simulated by a GCM. In: *Coupled Ocean-Atmosphere Models*, Ed. J. C. J. Nihoul. Elsevier, Amsterdam 1985, 275-288.

Storch, H. von and H. A. Kruse: The extra tropical atmospheric response to El Niño events - a multivariate significance analysis. *Tellus* 37A, 361-377 (1985).

The SWAMP Group: J. H. Allender, T. P. Barnett, L. Bertotti, J. Bruinisma, V. J. Cardone, L. Cavaleri, J. Ephraums, B. Golding, A. Greenwood, J. Guddal, H. Günther, K. Hasselmann, S. Hasselmann, P. Joseph, S. Kawai, G. J. Komen, L. Lawson, H. Linné, R. B. Long, M. Lybanon, E. Maeland, W. Rosenthal, Y. Toba, T. Uji and W. J. P. de Voogt: Ocean Wave Modelling, Part 1: The Sea Wave Modelling Project (SWAMP), Principal Results and Conclusions. Plenum Press, New York 1985, 3-135.

Young, I. R., S. Hasselmann and K. Hasselmann: Calculations of the nonlinear wave-wave interactions in cross seas. *Hamburger Geophys. Einzelschr. No. 74, Reihe A*, Hamburg 1985, 49S.

Dissertationen

Bruns, T.: Eine diagnostische Untersuchung der Beiträge interner quasigeostrophischer Prozesse zur großräumigen atmosphärischen Variabilität. Hamburg 1985.

Feindt, F.: Radar-Rückstreuexperimente am Wind-Wellen-Kanal bei sauberer und filmbedeckter Wasseroberfläche. Hamburg 1985.

Müller, D.: Non Gaussian Properties of SST-Anomalies. Hamburg 1985.

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. Mesoskalige Konvektionszellen stellen klimatologisch bedeutsame Phänomene geordneter Sekundärzirkulation in der atmosphärischen Grenzschicht dar. Bei den offenen Zellen handelt es sich um mehr oder weniger ringförmig angeordnete Wolkenstrukturen, die wolkenfreie Absinkgebiete umgeben. Bei typischen Durchmesser der Zellen von 30-50 km überdecken Felder solcher Zellen häufig große Teile der Ozeane der mittleren und höheren Breiten. Bei dem komplementären Phänomen geschlossener Zellen wird ein etwa kreisförmiges Stratus/Stratocumulus-Feld von einem schmalen wolkenfreien Absinkgebiet umgeben. Dieser Zellentyp hat etwa den gleichen Durchmesser wie die offenen Zellen, tritt vornehmlich über den subtropischen Ozeanen auf und kann Gebiete von der Größe mehrerer Millionen Quadratkilometer überdecken.

Zur Bestimmung der typischen Werte des bei diesen Zellen auftretenden bodennahen meteorologischen Feldes (Windfeld, Temperaturdifferenz Wasser-Luft) wurden die Messungen des Wetterschiffs „M“ (NO-Atlantik) aus den Jahren 1974 und 1978 ausgewertet. In diesen beiden

Jahren wurden in 20% der Zeit offene Zellen beobachtet, während geschlossene Zellen mit nur acht Fällen ein sehr seltenes Phänomen darstellen.

Dabei zeigte sich, daß offene Zellen nur bei Lufttemperaturen auftreten, die im Durchschnitt etwa 5 K geringer sind als die Temperatur der Ozeanoberfläche, also immer dann, wenn Kaltluft über wärmere Ozeanoberflächen geführt wird. Bei ihrem Auftreten sind die Wärmeflüsse im Durchschnitt dreimal größer als in nichtkonvektiven Situationen. Bemerkenswert ist die geringe mittlere Divergenz des Horizontalwindfeldes bei offenen Zellen, was frühere theoretische Überlegungen zur Entstehungsursache der Zellen nicht bestätigt.

Während des Experiments KonTur 1981 trat eine 4-tägige Periode offener Zellularkonvektion über die Nordsee auf. Auch hierbei wurde eine große Temperaturdifferenz gefunden, wodurch die Grenzschichtdicke auf ca. 3000 m Mächtigkeit anwuchs. Windgeschwindigkeit und -richtung sowie die feuchtpotentielle Temperatur blieben in der Grenzschicht aufgrund der kräftigen Durchmischung fast konstant.

Die Eigenschaften einzelner Zellen konnten sowohl aus Flugzeugmessungen wie auch aus Bodenbeobachtungen während des Experimentes KonTur abgeleitet werden. Eine 17stündige Zeitreihe mit besonders regelmäßigen und ausgeprägten Zellen vermittelt das Bild einer der Grundströmung überlagerten Sekundärzirkulation, wie es nach gängigen Modellvorstellungen zu erwarten ist: Konvergenz und Erwärmung unter den Wolken und divergente Strömung und Abkühlung zwischen den Wolkenwänden. Innerhalb einer Zelle variiert die Windgeschwindigkeit um etwa 1,2 m/s und die Temperatur um etwa 0,4 K, während Windrichtung und Feuchte keine signifikante Änderung zeigen. Flugzeugmessungen in verschiedenen Höhen ergänzen dieses Bild. Aus Flügen durch mehrere offene Zellen ergeben sich Anhalts-

punkte dafür, daß in den unteren Flugniveaus die Strömung im Zellinneren warm, trocken und divergent, im bewölkten Zellrand aber kühl, feucht und konvergent ist. In der Höhe der Wolkenobergrenze findet man entsprechend am Zellrand eine Divergenz der horizontalen Strömung und im Zellinneren eine konvergente Strömung.

Aufgrund der hohen zeitlichen Auflösung der Meßfühler erlaubten die Flugzeugdaten auch die Ableitung der Varianzen und der Vertikaltransporte von Temperatur, Feuchte und Impuls. Die Analyse der Daten zeigt, daß auf die Zellen bis zu 60% der Gesamtvarianz von Temperatur, Feuchte und Horizontalwind entfallen. Sie transportieren Wärme und Feuchte aus den unteren Schichten aufwärts und Impuls aus größeren Höhen abwärts. Ihr Anteil am Gesamttransport nimmt mit der Höhe zu und macht im Niveau der Wolkenbasis etwa 50% aus. In den bewölkten Zellrändern ist er deutlich größer als im offenen Zellinneren.

Während einer Periode mit offenen Zellen, lagen zwei Meßstationen auf einer Trajektorie des mittleren Windes. Nach deren Messungen war die Verlagerungsgeschwindigkeit der Zellen scheinbar wesentlich kleiner (10 m/s) als die mittlere Windgeschwindigkeit in der Konvektionsschicht (ca. 16 m/s) (*Bakan, Brümmer, Kruspe*).

Veröffentlichungen

Ansmann, A.: Errors in Ground-Based Water-Vapor DIAL Measurements due to Doppler-Broadened Rayleigh Backscattering. Appl. Opt. 24, 3476-3480 (1985).

Bakan, S.: On the Structure of Open Cellular Convection as Revealed by Time Series of Surface Observations: A Case Study. Beitr. Phys. Atmosph. 58, 11-16 (1985).

- Grundlagen der Strahlungsübertragung. Promet 15, H.2/3, 2-4 (1985).

Beniston, M.: Organization of Convection in a Numerical Mesoscale Model as a Function of

Initial and Lower Boundary Conditions. Beitr. Phys. Atmosph. 58, 31-52 (1985).

Beniston, M. and J. Schmets: A Three-Dimensional Study of Mesoscale Model Response to Radiative Forcing. Boundary-Layer Meteorol. 31, 149-174 (1985).

Bösenberg, J.: Measurements of the Pressure Shift of Water Vapor Absorption Lines by Simultaneous Photoacoustic Spectroscopy. Appl. Opt. 24, 3531-3534 (1985).

Brümmer, B.: Structure, Dynamics and Energetics of Boundary Layer Rolls from KonTur Aircraft Observations. Beitr. Phys. Atmosph. 58, 237-254 (1985).

Brümmer, B. and M. Latif: Some Studies on Inflection Point Instability. Beitr. Phys. Atmosph. 58, 117-126 (1985).

Busack, B., S. Bakan and H. Luthardt: Surface Conditions During Mesoscale Cellular Convection. Beitr. Phys. Atmosph. 58, 4-10 (1985).

Chlond, A.: A Study of Roll Vortices in the Atmospheric Boundary Layer. Beitr. Phys. Atmosph. 58, 17-30 (1985).

Claussen, M.: Model of Turbulence Spectra in the Atmospheric Surface Layer. Boundary-Layer Meteorol. 33, 151-172 (1985).

- Estimation of Monin-Obukhov Similarity Functions from a Spectral Model. Boundary-Layer Meteorol. 33, 233-244 (1985).

Hinzpeter, H.: KonTur-Results. Beitr. Phys. Atmosph. 58, 1-3 (1985).

- Bedeutung der Strahlungsprozesse. Promet. 15, H. 2/3, 49 (1985).

Luthardt, H.: Estimation of Mesoscale Surface Fields of Meteorological Parameters in the North Sea Area from Routine Observations. Beitr. Phys. Atmosph. 58, 255-272 (1985).

Peters, G., H. Hinzpeter and G. Baumann: Measurements of Heat Flux in the Atmospheric Boundary Layer by SODAR and RASS: A First Attempt. Radio Sci. 20, 1555-1564 (1985).

Dissertation

Newiger, M.: Einfluß anthropogener Aerosolteilchen auf den Strahlungshaushalt der Atmosphäre. Hamburg 1985.

Diplomarbeiten

Piontek, M.: Approximation der Wasserdampf-Transmission und ihr Einfluß auf die Berechnung solarer Erwärmungsraten. Hamburg 1985.

Voss, P.-H.: Monte Carlo Simulation der Strahlungsübertragung in isolierten zylindrischen Regengebieten zur Untersuchung der Mehrfachstreuanteile des Empfangssignals eines bistatischen Radargerätes im Mikrowellenlängenbereich. Hamburg 1985.

Anschrift

Bundesstr. 55, 2000 Hamburg 13
Tel.: 040/41141