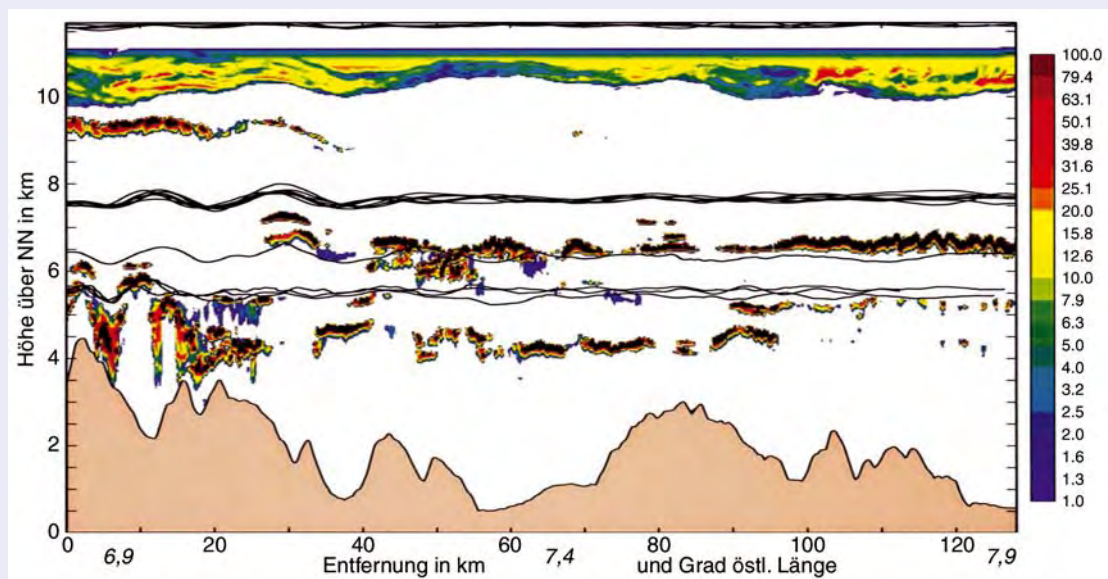


Atmosphäre und Gebirge – Anregung von ausgeprägten Empfindlichkeiten



Herausgeber

Deutscher Wetterdienst

Hauptschriftleiter

Dr. H. D. Behr (Hamburg)

Redaktionsausschuss

Dipl.-Met. W. Kusch (Offenbach a. M.)

Prof. Dr. G. Adrian (Offenbach a. M.)

Prof. Dr. B. Brümmer (Hamburg)

Prof. Dr. J. Egger (München)

Prof. Dr. F. Fiedler (Karlsruhe)

Prof. Dr. G. Groß (Hannover)

Dr. J. Neisser (Lindenberg)

Prof. Dr. C.-D. Schönwiese (Frankfurt a.M.)

Prof. Dr. P. Speth (Köln)

Prof. Dr. G. Tetzlaff (Leipzig)

Zum Titelbild:

Wolken modifiziert durch Alpenüberströmung

Oben: Blick aus dem Flugzeug: Cirrus-schicht über Altocumulus lenticularis und stratiformer Bewölkung unterhalb der Kammhöhe.

*Foto: Samantha Smith, UK Met. Office,
© British Crown Copyright 2002*

Unten: Die gleiche Situation als Querschnitt: Rückstreukoeffizient von Laserlicht (farbig) und durch Gebirgswellen modifizierte Flughöhen dreier Flugzeuge (schwarze Linien).

*Aus: Smith et al.,
J. Atmos. Sci. 59, 2073-2092*

© American Meteorological Society 2002

Ausführlichere Erläuterung auf Seite 2 unten

promet erscheint im Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes – Kaiserlei-straße 29/35, 63067 Offenbach am Main. Bezugspreis pro Jahrgang (4 Hefte) im Abonnement 22,50 €, Einzelheft 6,50 €, Doppelheft 13,- €, Dreifachheft 19,50 € zuzüglich MwSt. und Versandkosten. Für den Inhalt der Arbeiten sind die Autoren verantwortlich. Alle Rechte bleiben vorbehalten.

Technische Herausgabe:

Elke Roßkamp

Deutscher Wetterdienst, Hamburg

Druck:

Weppert Print & Media GmbH

97424 Schweinfurt

Silbersteinstraße 7

ISSN 0340-4552

Meteorologische Fortbildung

32. Jahrgang, Heft 1/2, 2006

Thema des Heftes:

Atmosphäre und Gebirge –

Anregung von ausgeprägten Empfindlichkeiten

Fachliche Redaktion: Hans Volkert, Oberpfaffenhofen

Fachliche Durchsicht: Joseph Egger, München

Kapitel	Seite
Zu diesem Heft	1-2
(a) <i>Hauptsächlich Beobachtungen (hin zu kleineren Skalen)</i>	
R. STEINACKER	
1 Alpiner Föhn – eine neue Strophe zu einem alten Lied	3-10
G. J. MAYR, A. GOHM	
2 Schnelle Strömungen durch Gebirgseinschnitte	11-17
A. DÖRNBRACK, R. HEISE, J. P. KUETTNER	
3 Wellen und Rotoren	18-24
(b) <i>Wirkung von Gebirgsketten (hin zu größeren Skalen)</i>	
C. KOTTMEIER, F. FIEDLER	
4 Vertikaler Austausch über Mittelgebirgen	25-33
P. WINKLER, M. LUGAUER, O. REITEBUCH	
5 Alpines Pumpen	34-42
J. EGGER	
6 Thermische Zirkulation von Hochplateaus: Messung und Modellierung	43-47
J. EGGER, K.-P. HOINKA	
7 Austausch von atmosphärischem Drehimpuls an Gebirgen	48-53
(c) <i>Experimente im atmosphärischen Labor</i>	
H. VOLKERT	
8 Fortschritt durch Feldkampagnen – von ALPEX über PYREX zu MAP	54-60
(d) <i>Von der Dynamik zu physikalischen Prozessen – wo der Regen fällt</i>	
C. FREI, J. SCHMIDLI	
9 Das Niederschlagsklima der Alpen: Wo sich Extreme nahekommen	61-67
(e) <i>Gebirge in Vorhersagemodellen</i>	
D. MAJEWSKI, B. RITTER	
10 Gebirgseinflüsse in operationellen numerischen Wettervorhersagemodellen	68-74
Blick nach draußen	
MeteoSchweiz	75-78
Institute stellen sich vor	
Die Forschungseinheit Maritime Meteorologie des IFM-GEOMAR an der Universität Kiel	79-82
L. BRIESE	
EUMETSAT: Erdbeobachtungen für Wetter, Klima und Umweltschutz	83-86
J. RAPP	
Auslösung von Starkschneefällen in Frankfurt/Main als mögliche Folge des Stadteffektes	87-90
A. HENSE, H. BAUER	
Zur Entwicklung und zum Stand der gestuften Studiengänge Bachelor und Master	91-94
Buchbesprechungen	94-95
Nachruf auf Friedrich Wippermann	96
Anschriften der Autoren dieses Heftes	97

Institute stellen sich vor

Die Forschungseinheit Maritime Meteorologie des Leibniz-Instituts für Meereswissenschaften IFM-GEOMAR an der Universität Kiel

The Research Unit Marine Meteorology at the Leibniz Institute of Marine Sciences at the University of Kiel (IFM-GEOMAR)

Zusammenfassung

Die aktuelle thematische Ausrichtung der Maritimen Meteorologie trägt dem Sachverhalt Rechnung, dass der Zustand der Atmosphäre durch komplexe Wechselwirkungen mit dem Ozean, Land, Meereis und der Vegetation sowie durch den Einfluss äußerer Faktoren bestimmt wird. Zu letzteren gehören u.a. die Vulkane, die Sonne, aber auch anthropogene Faktoren wie etwa der Ausstoß von Treibhausgasen in die Atmosphäre. Die Intensität der Wechselwirkungen hängt stark von den betrachteten zeitlichen und räumlichen Skalen ab. Die Klimamodellierung unter Leitung von Mojib Latif bildet den Rahmen für die weiteren interagierenden Themenbereiche, die in der Maritimen Meteorologie bearbeitet werden. Hierzu gehören der globale und regionale Energie- und Wasserkreislauf (Andreas Macke), die Analyse der Klimavariabilität aus Modell und Beobachtung (Eberhard Ruprecht, Dietmar Dommenges) sowie die Rolle der ozeanischen Deckschicht (Dietmar Dommenges) und der mittleren Atmosphäre (Kirstin Krüger) im Wechselspiel mit Ozean und Atmosphäre.

Abstract

Present fields of research are based on the recognition that the current state of the atmosphere is a result of complex interactions with ocean, land surface, vegetation, and external influences such as volcanoes, the sun or anthropogenic factors, like the increasing atmospheric content of CO₂, on all temporal and spatial scales. Climate modelling, headed by Mojib Latif, links all the Marine Meteorology research areas together. Andreas Macke is leading the working group of energy and water cycle, which comprises both, global and regional aspects. Climate variability is investigated on the basis of analyses and observations (Eberhard Ruprecht and Dietmar Dommenges). The role of the ocean's mixed layer (Dietmar Dommenges) and of the middle atmosphere (Kirstin Krüger) on air-sea interaction are also subjects of research.

1 Geschichte der Maritimen Meteorologie in Kiel

Die „Maritime Meteorologie“ ist eine Forschungseinheit im Forschungsbereich „Ozeanzirkulation und Klimadynamik“ des Leibniz-Instituts für Meereswissenschaften (IFM-GEOMAR). Traditionell beschäftigt sich die Maritime Meteorologie in Kiel mit den Austauschprozessen zwischen Ozean und Atmosphäre. Während früher die Zusammenarbeit mit den ozeanographischen Abteilungen im Vordergrund stand, werden heute vermehrt meereschemische, meeresbiologische und paläoozeanographische Aspekte mit eingebunden. Das Institut für Meereskunde (heute IFM-GEOMAR) wurde 1937 ge-

gründet. Die Abteilung „Maritime Meteorologie“ wurde 1961 unter Leitung von Friedrich Defant (siehe Abb. 1), Sohn des bekannten Ozeanographen und Meteorologen Albert Defant, eingerichtet und beschäftigte sich hauptsächlich mit Fragen der Energetik der großräumigen Zirkulation. 1980 übernahm Lutz Hasse die Abteilung und richtete die wissenschaftlichen Arbeiten auf die Wechselwirkungsprozesse zwischen Ozean und Atmosphäre aus. Später kam als weiterer Schwerpunkt die Erfassung des Niederschlags hinzu. Hartmut Graßl konnte 1981 für die neu ein-

gerichtete zweite Professur der Abteilung gewonnen werden und erschloss das Gebiet der Fernerkundung. Eberhard Ruprecht erweiterte seit 1985 diese Thematik in Richtung Mikrowellenfernerkundung und widmete sich später der statis-



Abb. 1: Friedrich Defant übernahm die erste Meteorologie-Professur am damaligen Institut für Meereskunde.

tischen Analyse des Klimasystems. Dessen Nachfolge trat 2004 Andreas Macke an, der die Rolle der Bewölkung im gekoppelten System Ozean/Atmosphäre untersucht. 1995 übernahm Peter Lemke die Leitung der Abteilung von Lutz Hasse und brachte die Modellierung und Beobachtung des Meereseis ein. Seit 2003 leitet dessen Nachfolger Mojib Latif das Arbeitsgebiet Klimamodellierung. Die zwei früheren Assistenturen konnten in Juniorprofessuren umgewidmet werden und sind seit 2003 von Dietmar Dommenget (Klimadynamik) und seit 2005 von Kirstin Krüger (Mittlere Atmosphäre) besetzt.

2 Klimamodellierung

Die Rückkopplungen zwischen den verschiedenen Klimasubsystemen und die Variabilität des Klimas auf verschiedenen Zeitskalen sind immer noch nicht hinreichend gut verstanden. Hier stellen Klimamodelle

geeignete Werkzeuge dar, die noch offenen Fragen in einer systematischen Art und Weise zu untersuchen. Die Modellgüte bzw. ihre Sensitivität kann an Hand von Beobachtungen überprüft werden. In der Arbeitsgruppe Klimamodellierung wird ein großes Spektrum von Klimaschwankungen untersucht, das von interannualen bis zu paläoklimatologischen Zeitskalen von Jahrtausenden reicht.

Das Hauptaugenmerk liegt auf der Wechselwirkung Ozean-Atmosphäre. Als Beispiel ist in Abb. 2 die Simulation der Anomalien des Jahresganges der Meeresoberflächentemperatur (engl.: sea surface temperature, SST) längs des Äquators im Pazifik mit dem Kieler Klimamodell (KCM, Kiel Climate Model) gezeigt. Längs des Äquators erwartet man eigentlich keinen Jahresgang, da die Sonne den Äquator zweimal im Jahr überstreicht. Die Beobachtungen zeigen aber die Existenz eines ausgeprägten Jahresganges, der auf komplexe Wech-

selwirkungen von Ozean und Atmosphäre zurückzuführen ist. Die meisten Modelle haben Schwierigkeiten diesen Jahresgang zu simulieren. Das KCM aber bildet den Jahresgang gut ab, da hier Wechselwirkungsprozesse realistischer dargestellt sind.

3 Energie- und Wasserkreislauf

Die bewölkte Atmosphäre beeinflusst über Strahlungsflüsse, Flüsse latenter und fühlbarer Wärme sowie Frischwassertransporte maßgeblich den Energie- und Wasserhaushalt unseres Planeten. Zentrale Arbeitsgebiete sind die Simulation des Strahlungstransports, die Wolkenfernerkundung, die Erfassung der Energie- und Massenflüsse an der Grenzfläche Ozean/Atmosphäre sowie die Analyse von Wolkenprozessen im gekoppelten Klimasystem Ozean/Atmosphäre.

Monte-Carlo Strahlungstransportmodelle dienen der Berücksichtigung möglichst realistischer Wolkenstrukturen in der Berechnung des Strahlungshaushaltes am Boden und am Oberrand der Atmosphäre sowie der Entwicklung von Algorithmen zur satellitengetragenen Fernerkundung von Wolkenparametern. Boden- bzw. schiffsgebundene Langzeitmessungen der abwärts gerichteten solaren und thermischen Strahlung sowie des Bewölkungszustandes (s. Abb. 3) werden gemeinsam mit satellitengestützten Messungen der Strahlungsbilanz am Oberrand der Atmosphäre zur Entwicklung moderner Strahlungstransport-Parametrisierungen für den Einsatz in Klimamodellen genutzt.

Die Messung der Niederschläge erfolgt mit Schiffsregennessern und optischen Disdrometern, die eigens für den Einsatz auf fahrenden Schiffen entwickelt wurden. Diese haben im Rahmen verschiedener Projekte einzigartige Messreihen des Niederschlags über der Ostsee geliefert und werden unter anderem zur Validierung von numerischen Modellen genutzt.

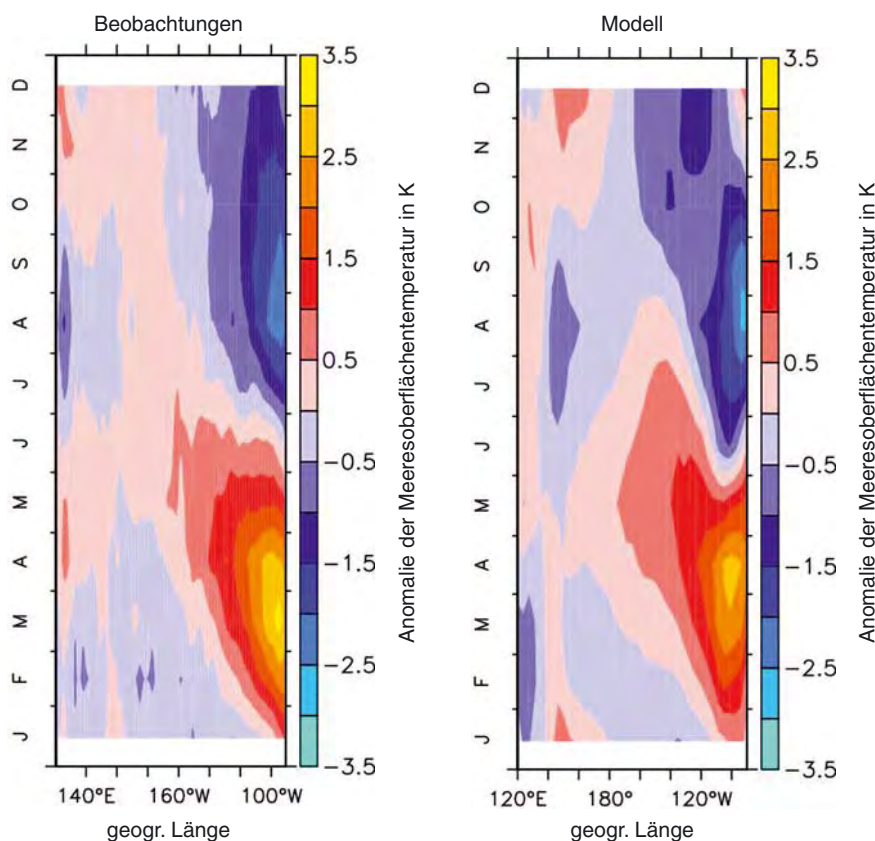


Abb. 2: Ausbreitung hoher Temperaturanomalien (in K), nach Westen. Beobachtungszeitraum ist 1975–2000 (links). Im Modell (rechts) wurde über 70 Jahre gemittelt.



Abb. 3: Kameras erfassen den Zustand des bewölkten Himmels zur Interpretation der Strahlungsmessungen.

Ergänzt werden die Arbeiten zum Energie- und Wasserkreislauf durch Messungen der Flüsse fühlbarer und latenter Wärme auf See. Diese Arbeiten liefern einen wichtigen Beitrag zur Bestimmung der Energie- und Wasserbilanz der Ostsee.

4 Dynamik des Klimasystems

Klimaschwankungen auf Zeitskalen von Monaten bis Jahrhunderten entstehen aus der Wechselwirkung zwischen unterschiedlichen Klimasubsystemen und organisieren sich oftmals in bestimmten räumlichen oder zeitlichen Mustern, wie etwa im Falle der Nordatlantischen Oszillation (NAO), der El Niño-Southern Oscillation (ENSO) im tropischen Pazifik (siehe Abb. 4), oder der Quasi Biennial Oscillation (QBO) der tropischen Stratosphäre.

Interessanterweise sind alle diese Muster zuerst aus statistischen Analysen von Beobachtungsdaten entdeckt und nicht aus Analysen von dynamischen Modellen vorhergesagt worden. Des Weiteren gibt es für die meisten Klimamoden oft nur eine unzureichende dynamische Beschreibung, die man direkt auf den elementaren Grundgleichungen der Systeme zurück-

führen könnte. Die Auswirkung dieser Muster auf die Atmosphäre ist Gegenstand zahlreicher Untersuchungen innerhalb der Kieler Meteorologie.

Das Verhalten des Klimasystems steht im engen Zusammenhang mit den meridionalen Energietransporten in der Atmosphäre und dem Ozean. Für Änderungen auf der interdekadischen Skala zeichnen vor allem der Ozean und speziell

für die letzten 100 Jahre die Industrialisierung verantwortlich. Mit der Analyse dieser Schwankungen wurden Einflüsse auf den europäischen-asiatischen Kontinent und auf die Bahnen der Tiefdruckgebiete nachgewiesen.

5 Die mittlere Atmosphäre

Änderungen des troposphärischen Klimas und der chemischen Zusammensetzung der Erdatmosphäre beeinflussen auch das Klima der

mittleren Atmosphäre, wie regelmäßige Beobachtungen seit den späten 1950er Jahren zeigen. Deutlich wird dies am Beispiel des stratosphärischen Ozons. Neben dem antarktischen Ozonloch, das seit Mitte der 1980er Jahre regelmäßig auftritt, und dem winterlichen chemischen Ozonverlust über der Arktis ist seitdem auch ein globaler Rückgang zu verzeichnen.

Die zukünftige Entwicklung der stratosphärischen Ozonschicht ist weltweit ein aktueller Forschungsschwerpunkt. Durch die Temperaturabhängigkeit des chemischen Ozonabbaus ist das Verständnis der Variabilität der Temperatur in der Stratosphäre eine wichtige Voraussetzung für die Zuverlässigkeit der Ozonprognose. So genannte gekoppelte Klima-Chemie-Modelle untersuchen diese komplexen Vorgänge. Am unteren Rand dieser Modelle werden bisher jedoch die Meeresoberflächentemperaturen, die für die Variabilität in der Winterstratosphäre eine entscheidende Rolle spielen, vorgeschrieben. Ziel dieser neu gegründeten Arbeitsgruppe am IFM-GEOMAR soll sein, die komplexen Wechselwirkungen des Ozeans mit der Mittleren Atmosphäre zu untersuchen um Unsicherheiten in der Stratosphären-Variabilität besser eingrenzen zu können.

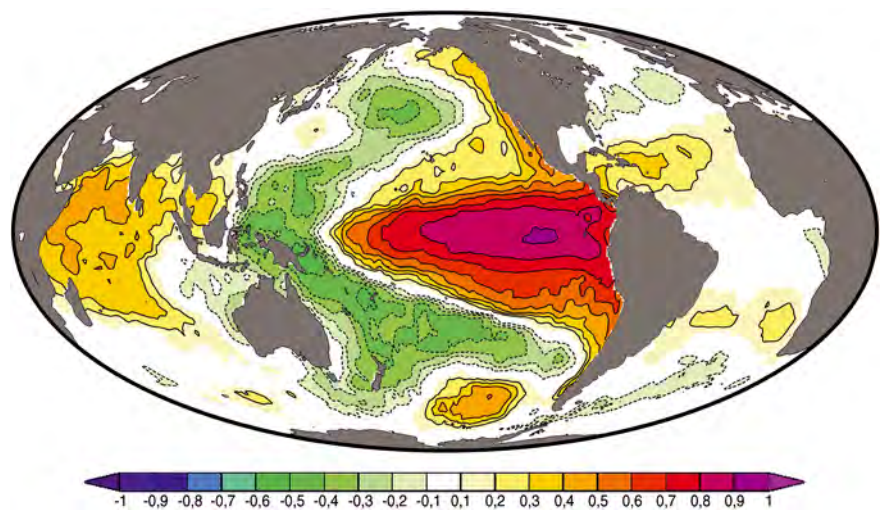


Abb. 4: Muster des El Niño Klimamodes in der Meeresoberflächentemperatur. Dargestellt ist die Korrelation der Meeresoberflächentemperatur im äquatorialen Ostpazifik mit der in allen anderen Meeresregionen.

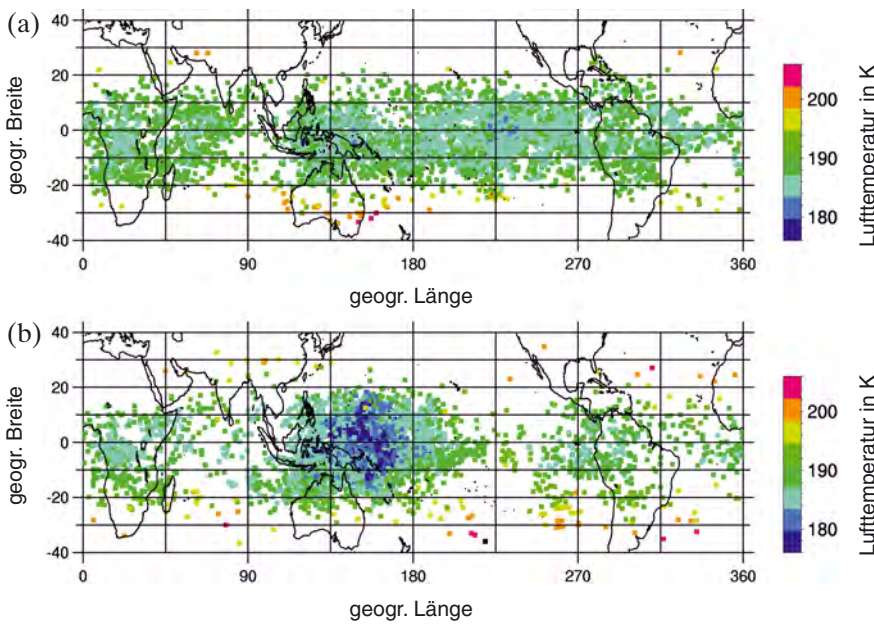


Abb. 5: Eintragungsort und Auftreten von Minimumtemperaturen (K) in der TTL, die die Luftpartikel während ihrer 3-monatigen Rückwärtsreise vom 1. März bis zum 1. Dezember für die Winter (a) 1997/98: El Niño und (b) 1998/99: La Niña durchlaufen haben. Die Trajektorienberechnungen basieren auf ERA40 Daten und wurden am AWI Potsdam durchgeführt.

Als ein Beispiel für Kopplungen zwischen Ozean und mittlerer Atmosphäre zeigt Abb. 5 die Minimumtemperatur (als Maß für den stratosphärischen Wasserdampfgehalt) in der tropischen Tropopause (engl.: tropical tropopause layer, TTL). Zum Vergleich ist hier der Einfluss von ENSO auf das Transportverhalten in der TTL dargestellt.

6 Lehre

Die Forschungseinheit Maritime Meteorologie bietet in Kiel den Diplom-Studiengang Meteorologie an. Dieser wird zur Zeit von zwei

Professuren, zwei Juniorprofessuren und mit Beteiligung festangestellter Wissenschaftler getragen. Zusätzlich gibt es gemeinsame Veranstaltungen mit dem Diplomstudiengang Ozeanographie. Bis zum Vordiplom werden in Kiel die Studiengänge Meteorologie, Physik, Geophysik und Ozeanographie als gleichwertig anerkannt. Im Hauptstudium bietet Kiel die Besonderheit, dass als 1. Nebenfach an Stelle der Physik auch die Ozeanographie belegt werden kann, was die Ausrichtung des Institutes auf die Meereswissenschaften unterstreicht. Zum Studium gehört auch das Meteorologische Fortgeschrittenenpraktikum, eine 5-tägige Ausfahrt

mit dem Forschungsschiff ALKOR zur Messung und Beobachtung der Wechselwirkung Ozean-Atmosphäre. In der Regel beginnen in Kiel jedes Jahr zwischen 10 und 20 Erstsemester das Studium der Meteorologie. Hinzu kommen noch Studenten der Geographie, Physik und weiterer Fachrichtungen, die Meteorologie als Nebenfach belegen.

Im Rahmen der Umwandlung von Diplom- in Bachelor/Masterstudiengänge ist für die Universität Kiel ein gemeinsamer Bachelor in Meteorologie, Ozeanographie und Geophysik (voraussichtlicher Name: Physik des Erdsystems) geplant. Hieran werden sich Master- bzw. Promotions-Studiengänge der einzelnen Disziplinen anschließen.

Anschrift der Autoren:

Dr. Karl Bumke,
 Prof. Dr. Dietmar Dommenget,
 Dr. Noel Keenlyside,
 Prof. Dr. Kirstin Krüger,
 Prof. Dr. Mojib Latif,
 Prof. Dr. Andreas Macke,
 Dr. Thomas Martin,
 Prof. Dr. Eberhard Ruprecht
 Leibniz-Institut für Meereswissenschaften (IFM-GEOMAR)
 FB1 - Maritime Meteorologie
 Düsternbrooker Weg 20 / Dienstgebäude Westufer
 24105 Kiel
 Tel. (0431) 600-4051
 Fax (0431) 600-4052
 E-Mail (Sekretariat):
 cschuster@ifm-geomar.de
 www.ifm-geomar.de