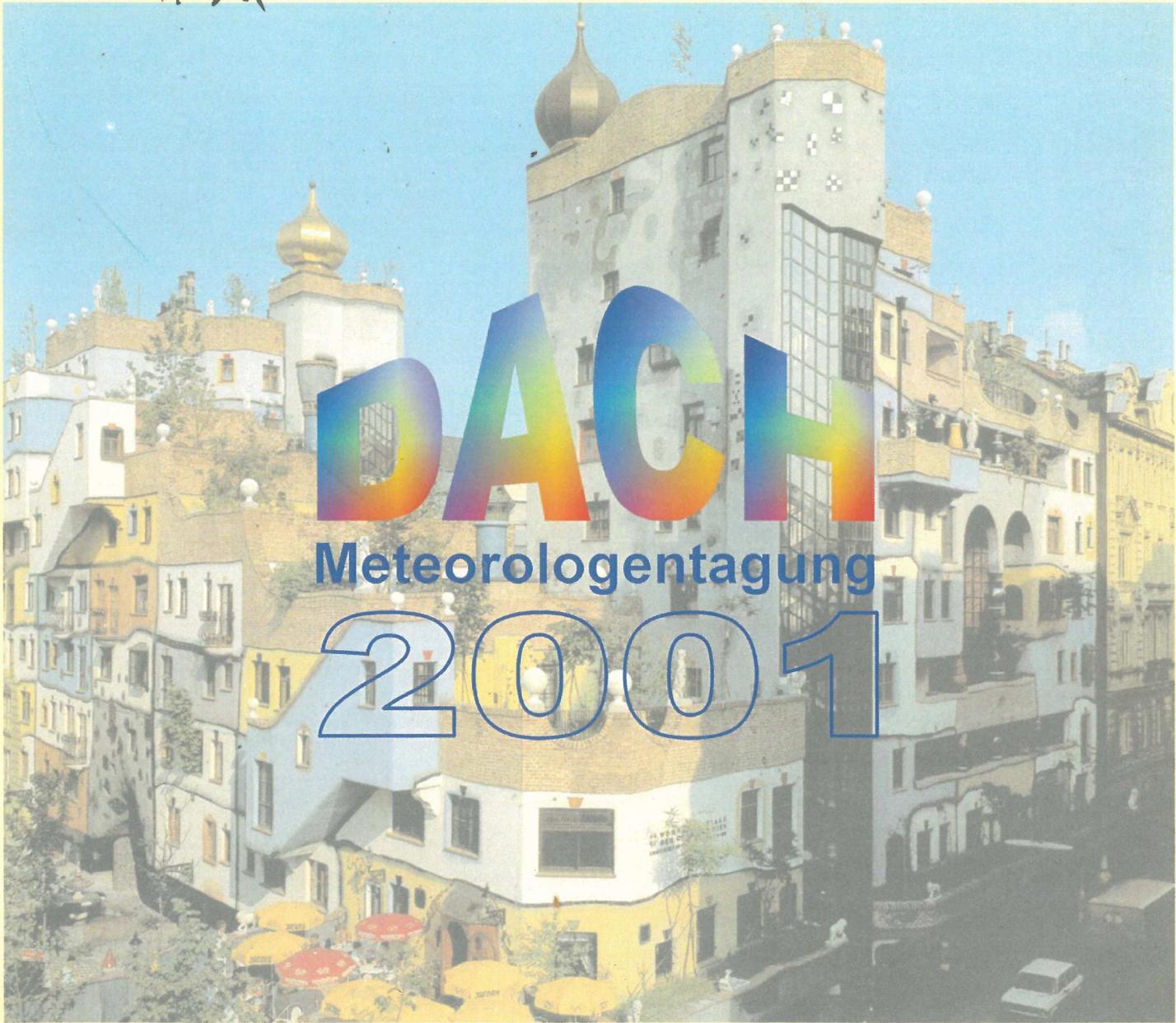


Deutsch - Österreichisch - Schweizerische Meteorologen - Tagung

H528
18. bis 21. September 2001, Wien, Österreich

18. bis 21. September 2001, Wien, Österreich

18.9.



DACH

Meteorologentagung
2001

Österreichische Beiträge zu Meteorologie und Geophysik
ISSN Heft Nr. 27/Publ. Nr. 399



H 52811-24.
Österreichische Beiträge zu
Meteorologie und Geophysik

Heft 27

**Beiträge zur 1. Deutsch -
Österreichisch - Schweizerischen
Meteorologen - Tagung**

DACH 2001

18. bis 21. September 2001

Wien, Österreich



Wien 2001

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien

Publ.Nr. 399

ISSN 1016-6254

IMPRESSUM

Herausgeber: Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG), Wien
Institut für Meteorologie und Geophysik (IMG), Universität Graz
Institut für Meteorologie und Geophysik (IMG), Universität Innsbruck
Institut für Meteorologie und Geophysik (IMG), Universität Wien
Institut für Angewandte Geophysik (IAG), Montanuniversität Leoben
Institut für Meteorologie und Physik (IMP), Univ. für Bodenkultur, Wien
Institut für Theoretische Geodäsie und Geophysik (IGG), Technische Univ., Wien

Leitender Redakteur: Peter Steinhauser, ZAMG, Wien

Redaktionskomitee: Ewald Brückl, IGG, Wien
Michael Hantel, IMG, Wien
Helga Kromp-Kolb, IMP, Wien
Michael Kuhn, IMG, Innsbruck
Hermann Mauritsch, IAG, Leoben

für den Inhalt verantwortlich: Ernest Rudel

Layout und Produktion: Sophie Debit

Druck: DESIGNARTS Die ganzheitliche Agentur
A 1230 Wien, Anton Baumgartnerstr. 131/3207

Verlag: Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik
Hohe Warte 38, A-1190 Wien
Austria (Österreich)

Dieser Band und die beiliegende CD-ROM bringen die Beiträge zur gemeinsamen Tagung der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft (DMG), der Österreichischen Gesellschaft für Meteorologie (ÖGM) und der Schweizer Gesellschaft für Meteorologie (SGM), der DACH-MT 2001, die im Wiener Congress Center vom 18. bis 21. September 2001 stattfindet.

Anlässlich der Feiern zum 150-jährigen Bestehen der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik und des Instituts für Meteorologie und Geophysik der Universität Wien ist ein Teil der Tagung diesem Jubiläum gewidmet.

Die DACH-MT 2001 stellt eine gemeinsame zentrale Plattform aller deutschsprachigen in der Meteorologie und in verwandten Wissenschaften Tätigen dar. Sie bietet einen breiten Überblick über alle Bereiche der physikalischen und chemischen Vorgänge in der Atmosphäre sowie über die Wechselwirkungen der Lufthülle mit der festen und flüssigen Erdoberfläche. Bedingt durch die Herkunft der Tagungsteilnehmer bildet naturgemäß die Problematik der Gebirgsmeteorologie einen besonderen Schwerpunkt, viele Beiträge gehen aber auch auf Phänomene der Tropen oder der arktischen Regionen ein. Die Technik der neuesten Beobachtungs- und Fernerkundungssysteme wie Windprofiler, Satelliten, Radar und ihre Anwendungen auf dem Gebiet der Meteorologie wird lebhaft diskutiert und einen für die Weiterentwicklung wertvollen Erfahrungsaustausch bringen. Der vielfach in den Medien angesprochenen **Klimaänderung** wird auf wissenschaftlichem Niveau in Vorträgen und Postern umfangreich dargestellt, aber auch auf dem Gebiet der Umweltmeteorologie mit den speziellen Themen Krisenvorsorge, Ozonproblematik oder Geruchausbreitung werden die neuesten Forschungsergebnisse zumeist aus dem deutschsprachigen Raum präsentiert.

Im Namen des Internationalen Organisationskomitees der DACH-MT 2001 möchte ich allen Autoren für die Übermittlung der sehr großen Anzahl von wissenschaftlich wichtigen und qualitativ hochwertigen Beiträgen danken. Diese Tagung und ihr Programm leisten somit einen außerordentlichen Beitrag zur Forschung in der Meteorologie.

Werner Wehry

(Vorsitzender des internationalen Organisationskomitees)

Im Namen aller Teilnehmer der DACH-MT 2001 möchte das Organisationskomitee allen Institutionen danken, die durch ihre großzügige finanzielle Unterstützung die Abhaltung der Tagung ermöglichten:

- BUNDESMINISTERIUM FÜR BILDUNG, WISSENSCHAFT UND KULTUR DER REPUBLIK ÖSTERREICH
- DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT-UND RAUMFAHRT
- EUMETSAT
- MINISTERIUM FÜR BILDUNG UND FORSCHUNG DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND
- STADT WIEN
- ZENTRALANSTALT FÜR METEOROLOGIE UND GEODYNAMIK

Gleichzeitig möchte ich mich bei den zahlreichen Mitarbeitern des lokalen Organisationskomitees bedanken, ohne deren tatkräftige und oft äußerst aufwendige Arbeit ein Gelingen der Tagung nicht möglich gewesen wäre.

Ernest Rudel

(Vorsitzender des lokalen Organisationskomitees)

Eröffnung

Die Geschichte der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik Christa Hammerl, Österreich _____	1
150 Jahre meteorologische Forschung in Österreich: „Highlights“ auf dem Gebiet der synoptischen und dynamischen Meteorologie Helmut Pichler, Österreich _____	2
150 Jahre meteorologische Forschung in Österreich: „Highlights“ auf dem Gebiet der Klimatologie Michael Hantel, Österreich _____	3
150 Jahre meteorologische Forschung in Österreich: „Highlights“ auf dem Gebiet der Umweltmeteorologie Helga Kromp-Kolb, Österreich _____	4
150 Jahre meteorologische Forschung in Österreich: „Highlights“ auf dem Gebiet der Geophysik Ewald Brückl, Österreich _____	5

Session 1a Sodar, Profiler, Radar, GPS

Vorträge

GPS Atmosphärensondierung - ein innovatives Verfahren zur Bestimmung atmosphärischer Parameter Ch. Reigber, G. Gendt, Ch. Marquardt, Deutschland _____	6
Integrierte Gewitterbeobachtung mit polarimetrischem Doppler Radar und dreidimensionaler interferometrischer Blitzmessung Nikolai Dotzek, Hartmut Höller, Deutschland, Claire They, Frankreich _____	7
Vertikalprofile des Windes und seiner Häufigkeitsverteilung in der unteren Ekman-Schicht Stefan Emeis, Deutschland _____	8
Validierung eines Radarinterferometrie-Profilers unter Verwendung eines In-Situ-Sensors Lutz Hirsch, Deutschland _____	9
Stratosphären-Ozonprofile aus 70°N von 1994-2001: Mittelwerte und Varianz im Jahreslauf und mit der Höhe Ulf-Peter Hoppe, Norwegen _____	10
UHF Windprofiler im DWD: Ergebnisse aus 5 Jahren Erprobung und zukünftiger operationeller Einsatz Volker Lehmann, Koautoren, Deutschland _____	11
Bodengebundene Fernerkundung der Temperatur und Feuchte in der atmosphärischen Grenzschicht mit dem Interferometer OASIS Jürgen Schlicht, Heinz-Dieter Hollweg, Stephan Bakan, Deutschland _____	12
Digitale Photogrammetrie in der 3D-Wolkenmessung Gabriela Seiz, Armin Gruen, Schweiz _____	13
Ableitung von Wolken- und Niederschlagswasser mit bodengebundener Mikrowellenradiometrie A. Thiele, A. Hornbostel, C. Simmer, Deutschland, H. Czekala, USA _____	14
Ein Mess- und Analysesystem für die Untersuchung der bodennahen Atmosphäre: Das Fernerkundungsverfahren „Akustische Tomographie“ Astrid Ziemann, Klaus Arnold, Armin Raabe, Deutschland _____	15
Mini-Sodar – Messung von hochaufgelösenden Turbulenzprofilen in der bodennahen Grenzschicht Erich Mursch-Radlgruber, Österreich _____	16

Poster

Akustische Tomographie im Vergleich zu konventionellen In-Situ Messungen K. Arnold, A. Ziemann, A. Raabe, Deutschland	17
Verfügbarkeit und Qualität von Sodar Windmessungen - Erfahrungen aus mehr als vier Jahren kontinuierlichem Einsatz Kathrin Baumann, Martin Piringer, Österreich	18
Einsatz des TWP 482 MHz zur Detektion von kurzperiodischen Schwerewellen Tim Böhme, Ulli Finke, Thomas Hauf, Deutschland	19
Neukonzeption der Messsysteme von MeteoSchweiz Rudolf Doessegger, Schweiz	20
Bodengebundene Fernerkundung von Wolkeneigenschaften mit Hilfe multispektraler FTIR-Messungen Martin Dreyer, Stephan Bakan, Deutschland	21
Composite Profiling – Kombination von Wind-, Temperatur- und Feuchteprofilen verschiedener Messsysteme zur Nutzung in der numerischen Modellierung Ulrich Görzdorf, Koautoren, Deutschland	22
Sodar Messungen während EBEX I. Lehner, A. Christen, Ch. Feigenwinter, E. van Gorsel, E. Parlow, R. Vogt, Schweiz	23
Radar und Niederschlagsmesser: Philosophie im Wandel J. Seltmann, P. Lang, J. Riedl, Deutschland	24

Session 1b Fernerkundung mittels Satelliten

Vorträge

Fernerkundung von Bodenfeuchte Matthias Drusch, Deutschland	25
Bestimmung und Analyse der Temperatur von Landoberflächen aus Satellitendaten Folke – S. Olesen, Deutschland	26
Variabilität von Landoberflächeneigenschaften im Mittelmeergebiet durch Analyse täglicher AVHRR 1km-Datensätze im Zeitraum 1989 bis 2001 Dirk Koslowsky, Matthias Eckardt, Ines Langer, Dorthea Praetorius, Deutschland	27
Strahlungstransportrechnungen zur Fehlerabschaetzung von Satellitendaten (SeaWiFS) im Nordatlantik Hela Mehrrens, Deutschland	28
Beobachtung des Einflusses von Aerosolen auf die Rückstreuereigenschaften von Wolken Lothar Schüller, Rene Preusker, Jürgen Fischer, Deutschland	29
Regenerkennung über Land anhand von TRMM – Daten Claudia Wunram, Deutschland	30
Das Auswerteschema SESAT zur Bestimmung von Strahlungs- und Energieflüssen aus meteorologischen Satellitendaten Franz H. Berger, Deutschland	31
Räumlich hochaufgelöste Strahlungsbilanz über Europa: Ableitung aus Satellitendaten & Validation eines regionalen Modells R. Hollmann, Deutschland	32

Untersuchung der räumlichen und zeitlichen Entwicklung der stratosphärischen Chlor-Aktivierung beider Hemisphären anhand OCIO-Messungen des Satelliteninstrumentes GOME von 1995-2001 T. Wagner, M. Wenig, U. Platt, Deutschland	33
Horizontaler Spurengastransport in der Stratosphäre während der CRISTA-2 Mission M. Riese, J. Oberheide, Deutschland, G. L. Manney, USA	34
Poster	
Schnee, Eis und Starkniederschläge in den Mikrowellendaten der Satelliten NOAA 15 und 16 Heiner Billing, Deutschland	35
Ableitung des Einfluß von Aerosol auf die Strahlungsbilanz aus Satellitendaten - Eine Studie in Vorbereitung auf das geostationäre Strahlungsbilanzradiometer GERB K.W. Dammann, R. Hollmann, Deutschland	36
Die Variabilität der Meereisbedeckung zwischen Kanada und der Kara-See im Zeitraum 1966 bis 2001 anhand von Satellitendaten Matthias Eckardt, Jutta Gallas, Wolfgang Tonn, Deutschland	37
Klimawandel-Monitoring mit satellitengeprägten GNSS Okkultationssensoren Ulrich Foelsche, Gottfried Kirchengast, Andrea K. Steiner, Österreich, Luis Kornblueh, Elisa Manzini, Lennart Bengtsson, Deutschland	38
Bestimmung der horizontalen Verteilung des Flüssigwasserpfades aus Daten des AMSU und AVHRR Heike Hauschildt, Deutschland	39
Niederschlagsfallstudien aus Satellitendaten über dem Nordatlantik und Modellvergleiche Christian Klepp, Deutschland	40
Variabilität der Gesamtbedeckung und Häufigkeit einzelner Wolkenklassen in Mitteleuropa im Zeitraum 1989 bis 2001 aus Satellitendaten Dirk Koslowsky, Ines Langer, Andrea Östreich, Matthias Eckardt, Deutschland	41
Konzept des EU Projekts "Towards the prediction of stratospheric ozone III" Wolfgang Kouker, Deutschland	42
Wasserdampfmessungen mit GPS-Radiokkultationen: Erste Ergebnisse der CHAMP-Mission C. Marquardt, G. Beyerle, J. Wickert, T. Schmidt, Ch. Reigber, Deutschland	43
Fernerkundung des Wolkenwassers dreidimensional inhomogener Bewölkung Steffen Meyer, Deutschland	44
The polarization characteristics of randomly oriented nonspherical ice particles in mm and sub-mm frequency range: Implications to the remote sensing of cirrus clouds using satellite microwave radiometry J. Miao, S. Buehler, K. Kunzi, Deutschland	45
Nachweisbarkeit von STE-Prozessen mit MIPAS-Envisat am Beispiel von Wasserdampf Mathias Milz, Deutschland	46
A linearized radiative transfer model for weighting functions calculation in limb viewing geometry A. Rozanov, V. Rozanov, J. P. Burrows, Deutschland	47
Der Einfluss von Kristallform- und Groessenverteilungen auf die solaren Strahlungsfelder von Cirruswolken Ingo Schlimme, Andreas Macke, Deutschland	48
Atmosphärischer Gesamtwasserdampf in Polargebieten Nathalie Selbach, Hendrik Laue, Georg Heygster, Deutschland	49

Strahlungsfluss-Divergenzprofile aus Satellitendaten Oliver Sievers, Rainer Hollmann, Deutschland	50
Das Potential des Satelliten ENVISAT zur Erforschung der Chemie der oberen Troposphäre Olaf Stein, Franz Rohrer, Deutschland	51

Session 1c Datenassimilation und numerische Analyse

Vorträge

Initialisierung von Wolken im Lokal-Modell mit Meteosat-Messungen F. Ament, G. Haase, C. Simmer, Deutschland	52
Physikalische Initialisierung des LM mit Radarmessungen Günther Haase, Clemens Simmer, Werner Wergen, Deutschland	53
Datenassimilation für die Chemie-Transport-Rechnung mit Hilfe der optimalen Interpolation Johannes Flemming, Deutschland	54

Poster

Einsatz frei verfügbarer Software-Bausteine zur Berechnung von Strömungsvorgängen um Hindernisse David Grawe, Deutschland	55
Aufbau und Entwicklung der meteorologischen Datenbank am Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung H. Österle, Deutschland	56

Session 2a Wettersvorhersage: Nowcasting

Vorträge

Synoptische Diagnose – Ein unverzichtbares Hilfsmittel für Nowcasting und Kurzfristvorhersage Manfred Kurz, Deutschland	57
Anwendungen von COTREC/RainCast im Nowcasting-Bereich Willi Schmid, Susanne Mecklenburg, Schweiz	58
Automatische Erkennung typischer Wolkenkonfigurationen in Satellitenbildern – ein neues Werkzeug für Nowcasting Alexander Jann, Andreas Wirth, Veronika Zwatz-Meise, Österreich	59
Automatische Analyse und Prognose Nowcasting-relevanter Wettererscheinungen basierend auf Pixel-Attributen Wilfried Jacobs, Wolfgang E. Raatz, Deutschland	60

Poster

Automatische Erkennung extremer Wettersituationen im Nowcasting-Bereich W. P. Oettinger, B. Eisert, H.-D. Betz, Deutschland	61
Die synoptisch relevante Helicity - Theorie und Anwendung Andreas Schaffhauser, Helmut Pichler, Österreich	62
VERA - Vienna Enhanced High Resolution Analysis Reinhold Steinacker, Christian Häberli, Wolfgang Pöttschacher, Andreas Schmölz, Matthias Ratheiser, Inga Groehn, Manfred Dorninger, Österreich	63

Session 2b Wettervorhersage: Kürzest- und Kurzfrist

Vorträge

Zum historischen Charakter der Synoptik oder Über das Verhältnis von Mensch und Maschine in der Wettervorhersage K. Balzer, Deutschland _____	64
Das Lokal Modell (LM) der Wetterdienste von Deutschland, Griechenland, Italien und der Schweiz Guy de Morsier, Schweiz _____	65
Implementation und Evaluierung eines ortsbezogenen Bodennebel- und Hochnebelvorhersagemodells mit Berücksichtigung der Effekte von Boden und Vegetation Thomas Trautmann, Andreas Bott, Wilfried Jacobs, Deutschland _____	66

Poster

Wie kann man die Güte mesoskalärer, operationeller Niederschlagsvorhersagen kundenverständlich überprüfen? Der Radarblick Martin Goeber, Sean F. Milton, U.K. _____	67
Evaluation von Mesoskalamodellen für Kurzfristvorhersagen von Strukturen in der stabilen Grenzschicht Günther Heinemann, Deutschland _____	68
Einführung eines detaillierten Warnwesens im Deutschen Wetterdienst Wolfgang E. Raatz, Wilfried Jacobs, Deutschland _____	69
Projekt studentische Wetterdiagnose Dirk Thiele, Sebastian Unger, Deutschland _____	70

Session 2c Wettervorhersage: Mittelfrist, Langfrist, Jahreszeiten, Ensemble

Vorträge

Mittelfrist- und Jahreszeitvorhersagen am EZMW Horst Böttger, UK _____	71
How important are soil conditions for medium-range weather predictability? Sophie Fukutome, C. Prim, C. Schär, Schweiz _____	72
Verifikation von mittelfristigen Vorhersagen Ernst Klinker, UK _____	73
Hochnebelprognose mittels eines objektiven Inversionsindex für die synoptische Praxis Peter Sabo, Österreich _____	74

Poster

Internet-Wettervorhersage-Turniere: Mensch und Maschine im Vergleich Klaus Knuepfer, Deutschland _____	75
---	----

Session 3a Klimadiagnose

Vorträge

Stochastizität im Klimasystem - Die Grundlage der Klimavariabilität, Klimadiagnose und Klimamodellierung Andreas Hense, Deutschland _____	76
--	----

Is human-induced warming of deep layers in the north subtropical atlantic gyre really observed? Alexander Polonsky, Ukraine	77
Einfallende Infrarotstrahlung über den Schweizer Alpen - Vergleich von Messdaten mit Strahlungstransfermodellberechnungen B. Dürr, R. Philipona, Schweiz	78
Möglichkeiten und Grenzen einer Klimatologie der Troposphäre und unteren Stratosphäre über den Alpen Christian Häberli, Schweiz, Reinhold Steinacker, Österreich	79
Der atmosphärische Feuchtehaushalt in der Arktis – wieso zeigen Reanalysen und Radiosonden ein unterschiedliches Bild? Reinhard Hagenbrock, Andreas Hense, Felix Ament, Deutschland, Martin Göber, UK	80
Implementierung des LAM MM5 für Österreich - erste Ergebnisse Johann Züger, Österreich	81
Analyse der interannualen Niederschlagsvariabilität im Nordatlantischen Sektor Eduardo Zorita, Deutschland	82
Werden extreme Wettersituationen wahrscheinlicher? Jürgen Grieser, Deutschland	83
Start und Ende der Vegetationsperiode - phänologische Bodenbeobachtungen und Satellitendaten Annette Menzel, Deutschland	84
Poster	
Klimaatlas und Klimatographie der GAW Station Sonnblick einschließlich der umgebenden Gebirgsregion Ingeborg Auer, Reinhard Böhm, Wolfgang Schöner, Österreich	85
ÖKLIM – der digitale Klimaatlas Österreichs Ingeborg Auer, Reinhard Böhm, Hans Mohrl, Roland Potzmann, Wolfgang Schöner, Paul Skomorowski, Österreich	86
Charakteristische Änderungen im Strahlungsklima Potsdams und ihre Ursachen Klaus Behrens, Deutschland	87
Frequenzmodulation und Phasensynchronisation als Fingerprints Peter Carl, Deutschland	88
Klimaatlas der Bundesrepublik Deutschland E. Dittmann, G. Müller-Westermeier, Deutschland	89
Die Nutzung von Satellitendaten für klimatologische Anwendungen: Satellite Application Facility on Climate Monitoring Peer Hechler, Deutschland	90
Untersuchung des Einflusses der NAO auf Europa anhand von Verteilungsfunktionen der atmosphärischen Parameter Sabine Kleppek, Deutschland	91
Upscaling mittlerer monatlicher Niederschlagssummen der Messstationen mit Hilfe von neuronalen Netzen und GIS-basierter Einflussfaktor-Flächen – Möglichkeiten und Grenzen der Generierung österreichweiter Karten Wolfgang Loibl, Leonhard Schwarz, Österreich	92
Ergebnisse der Monitoring Zentren für das Global Climate Observing System Surface Network mit speziellem Augenmerk auf die WMO Region VI EUROPE S. Rösner, Deutschland	93

Räumliche Modellierung von Klimaparametern mittels GIS Wolfgang Schöner, Ingeborg Auer, Reinhard Böhm, Hans Mohnl, Roland Potzmann, Österreich	94
Wasserdampftransport ueber dem Nordatlantik in Abhaengigkeit von der Nordatlantischen Oszillation S. Schroeder, E. Ruprecht, Deutschland	95
Neuer Oszillationsindex für 7 Sektoren der Nordhemisphäre (u.a. zur Identifizierung von extremen Polarwirbel- Lagen und Blockhochs) H. Schulze-Neuhoff, Deutschland	96
Temperatureinsenkung bei einer Sonnenfinsternis Albert Sudy, Österreich	97
Ausgewählte Ergebnisse der Klimatographie Salzburg Markus Ungersböck, Ingeborg Auer, Reinhard Böhm, Österreich	98
Signalanalyse und Detektion des anthropogenen Treibhauseffektes mit neuronalen Netzen Andreas Walter, Deutschland	99
Der Klimastatusbericht des Deutschen Wetterdienstes Martin Werscheck, Deutschland	100

Session 3b Klimavariabilität

Vorträge

Statistische Detektion des anthropogenen Treibhaussignals in beobachteten globalen und regionalen Klimadatenfeldern T. Staeger, J. Grieser, C.-D. Schönwiese, Deutschland	101
Die Langzeit-Variabilität von Temperatur und Niederschlag im Alpenraum Reinhard Böhm, Ingeborg Auer, Wolfgang Schöner, Österreich, Michele Brunetti, Maurizio Maugeri, Teresa Nanni, Italien, Corinna Huhle, Deutschland	102
Langzeitvariabilität des alpinen Niederschlags im 20. Jahrhundert J. Schmidli, C. Frei, C. Schaer, Schweiz	103
Langfristige Abnahme der Globalstrahlung Sebastian Trepte, Peter Winkler, Deutschland	104
Variabilität von Zyklonenbahnen ueber dem Nordatlantik S. Ubl, E. Ruprecht, S. Gulev, O. Zolina, Deutschland	105
Analyse von Zeitreihen monatlicher Niederschlagssummen und täglicher Windgeschwindigkeitsmaxima mit Markovketten S. Trömel, C.-D. Schönwiese, Deutschland	106
Langzeitkorrelationen in Beobachtungen und Modellen Richard Blender, Klaus Fraedrich, Deutschland	107
Der Wasser- und Energiehaushalt der arktischen Atmosphaere T. Semmler, D. Jacob, R. Podzun, Deutschland	108
Klimavariabilität und Phänologie in Mitteleuropa F.-M. Chmielewski, T. Rötzer, Deutschland	109

Rekonstruktionsmöglichkeiten des Nordatlantischen Oszillation Indexes anhand von Proxy-Daten Oliver Timm, Deutschland	110
Vegetations- und Klimaentwicklung des Holozän im Nahen Osten anhand laminiertes Sedimente des Toten Meeres Christian Schölzel, Deutschland	111
Poster	
Die Klimavariabilität im Ostalpenraum in der instrumentellen Periode 1767-2000 Ingeborg Auer, Reinhard Böhm, Wolfgang Schöner, Österreich	112
Ergebnisse des regionalen Atmosphären Modells REMO über der Arktis und dem Nordatlantik Hauke Berndt, Karl Bumke, Deutschland	113
Klimasensitivität und -variabilität durch selbstinduzierte Phasenmodulation des Jahresganges der globalen Zirkulation Peter Carl, Deutschland	114
Dendroklimatologische Analyse zweier Jahrringbreitenreihen aus dem Gebiet Südbrandenburg/Nordsachsen für das 11. bis 20. Jahrhundert Susanne Haeseler, Deutschland	115
Ein möglicher Einflußmechanismus auf die interannuelle Variabilität der Nordatlantik Oszillation im Winter Alice Kapala, Hermann Mächel, Deutschland	116
Ergebnisse der Homogenisierung Österreichischer Klimazeitreihen Wolfgang Schöner, Ingeborg Auer, Reinhard Böhm, Österreich	117
Die 3-dimensionale atmosphärische Drehimpulsbilanz im SST-getriebenen ECHAM3-T21 globalen Zirkulationsmodell (GCM) Jochen Stuck, Deutschland	118

Session 3c Klimaprognose

Vorträge

Radiative Forcing - ein verlässlicher Parameter zur Klimavorhersage? Michael Ponater, Deutschland	119
Ein Zugang zur Langfristvorhersage mittels Nutzung von Ensembles unterschiedlicher Projektionen des Phasenraumes? Wolfgang Böhme, Wolfgang Enke, Annette Witt, Deutschland	120
Der statistische Nachweis von Veränderungen in Extremereignissen – Wo sind die Grenzen? Christoph Frei, Schweiz	121
Maßzahlen zur Bewertung von Klimaänderungen Robert Sausen, Deutschland	122
Informationsgewinn durch Regionalisierung Klaus Keuler, Deutschland	123
Räumliche Differenzierung von Eingangsdaten statistisch-empirischer Modelle - aufgezeigt an einem regionalen Beispiel Katja Woth, Deutschland	124

Abschätzung der Entwicklung des Winterniederschlags in NRW Andreas Krüger, Uwe Ulbrich, Deutschland	125
Anzeichen der anthropogenen Klimaänderung im lokalen Wellenklima der Nordsee Arnt Pfizenmayer, Deutschland	126
Ist in Langfristbeobachtungen ein Potenzial fuer Klimaprognosen erkennbar? Heinz Wanner, Schweiz	127
Poster	
Jahreszeitenvorhersage im operationellen Vorhersagebetrieb des Deutschen Wetterdienstes Paul Becker, Reinhard Strüfing, Deutschland	128
Entwicklung von Extremsituationen bzgl. Niederschlag im Bereich NRW Tim Brücher, Andreas Krüger, Uwe Ulbrich, Deutschland	129
The area of Ohrid-Prespa Lakes and the influence of climate variability Eglantina Bruçi, Liri Muçaj, Albania	130
Weltweite Verifikation der Jahreszeiten-Vorhersage des ECMWF Lothar Kaufeld, Deutschland	131
Parametrisierung der solaren Strahlungsflussdichten für inhomogene Wolken Mario Schewski, Deutschland	132

Session 3d Wechselwirkungsprozesse im Klimasystem

Vorträge

Die Wechselwirkung zwischen Zyklonen und Eisbedeckung im Bereich der Framstrasse Silke Dierer, K. Heinke Schluenzen, Deutschland	133
Niederschlagsvariabilität in Marokko und der Zusammenhang mit der großskaligen Zirkulation P. Knippertz, M. Christoph, P. Speth, Deutschland	134
Kreuzkorrelationsfunktionsanalyse der Oberflaechenfluesse und der SST im Nordatlantik Ulrike Loeptien, Deutschland	135
SST- und CO2-Signale im westafrikanischen Niederschlag des 20. Jahrhunderts Heiko Paeth, Deutschland	136
Einfluss von Zyklonen und großskaliger Zirkulation auf den Niederschlag im Mittelmeerraum U. Ulbrich, J.G. Pinto, P. Speth, Deutschland	137

Poster

Süßwassereintrag und Festeis in der ortsibirischen Arktis Untersuchungen mit Hilfe eines eindimensionalen thermodynamischen Festeismodells J. Bareiss, A. Helbig, J. Lüers, K. Görden, Deutschland, H. Eicken, USA	138
Zyklonenaktivität und Meereisbedeckung in einem regionalen Atmosphärenmodell für die Arktis K. Görden, A. Helbig, A. Rinke, J. Bareiss, Deutschland	139
Interannual variability of the Indian summer monsoon and its relation to global SSTs Xiefei Zhi, Andreas Hense, Deutschland	140

**Session 5 Variabilität und Trends in der mittleren Atmosphäre
Beobachtungen und Modellergebnisse**

Vorträge

Variabilität der Stratosphäre in einem gekoppelten Klima-Chemie Modell Martin Dameris, Deutschland	141
Variabilität der arktischen Stratosphäre im Winter Barbara Naujokat, Deutschland	142
Denitrifizierungsprozesse in der Stratosphäre und deren Bedeutung für den Ozonabbau H. Fischer, H. Oelhaf, R. Ruhnke, Deutschland	143
Variability of middle atmosphere temperature and trace gas mixing ratios D. Offermann, G. Eidmann, M. Kaufmann, M. Bittner, Deutschland, S. Perov, Russland	144
GPS-basierte Limbsondierung in der Stratosphäre: Erste Ergebnisse von CHAMP C. Marquardt, J. Wickert, G. Beyerle, T. Schmidt, Ch. Reigber, Deutschland	145
Energiebilanz und Trends in der polaren Mesosphäre Franz-Josef Lübken, Deutschland	146
Die dynamische Heizung in der unteren polaren Stratosphaere und ihr Einfluss auf die Tropopause Günther Zängl, Deutschland	147
Der Einfluss des 11-jährigen Sonnenfleckenzyklus und der QBO auf das Klima der Stratosphäre und Troposphäre: Modell- studien mit dem Berliner "Climate Middle Atmosphere Model (FUB CMAM)" Katja Weber, Ulrike Langematz, Karin Labitzke, Deutschland	148
Die Einflüsse von Orographie und Land-Meer-Unterschieden auf die residuelle Zirkulation der Mesosphaere Erich Becker, Deutschland	149

Poster

Nichtmigrierende thermische Gezeiten-Komponenten in der mittleren Atmosphaere und ihre Kopplung mit der Troposphaere Norbert Grieger, Gerhard Schmitz, Deutschland	150
Transiente Wellenzüge in der Troposphäre bei ruhiger und gestörter Stratosphäre H. Heinrich, U. Harlander, Deutschland	151
Ein möglicher Einfluss von ENSO auf die Zirkulation im oberen Mesopausenbereich mittlerer Breiten Christoph Jacobi, Dierk Kürschner, Deutschland	152
Aerologische Wasserdampfprofile mittels Taupunktspiegel-Hygrometer P. Jeannet, P. Ruppert, B. Hoegger, G. Levrat, Schweiz	153
Variabilität und Trends meteorologischer Parameter in der unteren Stratosphäre über der Antarktisstation Neumayer Gert König-Langlo, Deutschland	154
Klimatologie von Streamern in der unteren Stratosphäre Irmgard Langbein, Wolfgang Kouker, Thomas Reddmann, Roland Ruhnke, Deutschland	155
Einfluß des winterlichen stratosphärischen Polarwirbels auf die zonale Symmetrie des Windfeldes in der oberen Mesosphäre und unteren Thermosphäre simuliert mit dem COMMA-Modell der mittleren Atmosphäre M. Lange, Ch. Jacobi, Deutschland	156

Klima-Chemie-Wechselwirkungen und ihre Auswirkungen auf die stratosphaerische Ozonschicht Christina Schnadt, Deutschland	157
Ozontrends in Europa: Chemische und dynamische Einflüsse Johannes Staehelin, Schweiz	158
Tomographie in der Ionosphäre unter Einbindung von GPS Okkultationsdaten C. Stolle, S. Schlüter, S. Heise, N. Jakowski, C. Jacobi, A. Raabe, Deutschland	159

Session 6 Grundlagen und Modelle in Meteorologie und Ozeanographie

Vorträge

Reduzierte Modelle der Atmosphärendynamik und ihre Anwendungen Ulrich Achatz, Deutschland	160
Neuere Entwicklungen in der numerischen Modellierung Reinhold Hess, Deutschland	161
Formulierung der Massenbilanz der feuchten Atmosphäre für verschiedene Referenzgeschwindigkeiten Ulrike Wacker, Deutschland	162
Das Energie-Wirbel-Konzept der Dynamik der Atmosphäre Peter Névir, Deutschland	163
Diagnose des Einflusses von stratosphärischem Rossbywellenbrechen im Rahmen eines linearen Modells V. Wirth, Ch. Hauck, Deutschland	164
Bedeutung und Möglichkeiten der Skalentrennung atmosphärischer Bewegungen Andreas Hauschild, Deutschland	165

Poster

Der Einfluß verschiedener Verfahren zur Bestimmung des bodennahen Windfelds über der Nordsee auf die Wasserstandsmodellierung Andreas Benkel, Deutschland	167
--	-----

Session 7a Agrar-, Forst-, Medizinmeteorologie

Vorträge

Biometeorologische Informationen in den Medien – was ist aus wissenschaftlicher Sicht sinnvoll? (Review) Peter Höpfe, Deutschland	168
Auf der Suche nach einem universellen thermischen Klimaindex UTCI Gerd Jendritzky, Deutschland, Abdel Maarouf, Canada	169
Variabilität der Luftfeuchtigkeit in der Urban Canopy Layer Andreas Matzarakis, Helmut Mayer, Deutschland	170
Weltweite Prognose der erythem-wirksamen solaren UV-Strahlung und deren Validierung A. W. Schmalwieser, G. Schauburger, Österreich, M. Janouch, P. Prosek, K. Laska, Tschechische Republik, M. Nunez, Australien, T. Koskela, Finnland, D. Berger, USA, G. Karamanian, Argentinien	171
Alpine phänologische Trends Elisabeth Koch, Wolfgang Lipa, Christian Peter, Helfried Scheifinger, Österreich	172

Regionale Trends bei pflanzenphänologischen Zeitreihen in der Schweiz Claudio Defila, Schweiz	173
Verfügbare Feldarbeitstage für die Heuernte in Österreich Herbert Formeyer, Österreich	174
Verdunstungsmessungen über Agrarflächen Martin Winterhalter, Deutschland	175
Auswirkungen extrem milder Wintertemperaturen auf Komponenten der Kälteresistenz von Gehölzen Peter Trinkaus, Alexander Podesser, Österreich	176
Integration der Kohlenstoffsimulation in das hydrologische Modell BROOK90 - Parametrisierung und Sensitivitätsanalyse Anne-Barbara Baums, Deutschland	177
Poster	
Computergestütztes Pollenflugvorhersagemodell Heinrich Bica, Herbert Gmoser, Siegfried Jäger, Österreich	178
Evaluation of Phenological Data for Climatological Purposes Ernst Dittmann, Gerhard Müller-Westermeier, Deutschland, Olga Braslavská, Pavel Šťastný, Bratislava	179
Auswirkungen einer Klimaänderung auf Agrarökosysteme in ausgewählten landwirtschaftlichen Produktionsgebieten in Österreich Josef Eitzinger, Österreich	180
Die Auswirkungen einer Klimaänderung auf den Wasserhaushalt von Kulturpflanzen im Marchfeld bei unterschiedlichem Bodenwasserspeichervermögen Josef Eitzinger, Österreich	181
Vergleich von phänologischen Bodenbeobachtungen mit NOAA/AVHRR NDVI Daten für Mitteleuropa im Rahmen von POSITIVE Michaela-Maria Hirschberg, Deutschland	182
Mikroklima in Buchenbeständen auf gegenüberliegenden Hängen in der Schwäbischen Alb Thomas Holst, Helmut Mayer, Deutschland	183
Systematische Messungen der erythemwirksam gewichteten UV-Strahlung auf unterschiedlich geneigte Flächen an verschiedenen Standorten in Bayern Peter Höpfe, Andreas Oppenrieder, Peter Köpke, Joachim Reuder, Meinhard Seefeldner, Deutschland	184
Das Bioklima in der Klimafolgenforschung Gerd Jendritzky, Gudrun Laschewski, Birger Tinz, Deutschland	185
Retrospektive Phänoklimatologie von Rotbuchen auf der Schwäbischen Alb Amélie Kirchgäßner, Helmut Mayer, Deutschland	186
Meteorologische Extremwerte in der Region Trier - Lufttemperatur - K. Licht, A. Helbig, Deutschland	187
Festlegung pflanzenphysiologisch begründeter Richtwerte für maximale bodennahe Ozonkonzentrationen Sandra Oद्या, Otto Stüdemann, Sabine Eckert, Dörte Krüger, Deutschland	188
Geographisches Muster phytotoxischer Effekte des bodennahen Ozons Sandra Oद्या, Otto Stüdemann, Sabine Eckert, Dörte Krüger, Deutschland	189
Ableitung von UV-Strahlungsflüssen am Erdboden für den Juli und August 1998 (BERLIOZ) Christian Podlasly, Deutschland	190

Räumliches Verhalten von phänologischen Daten in Mitteleuropa Helfried Scheifinger, Elisabeth Koch, Christian Peter, Wolfgang Lipa, Österreich _____	191
Der Gesamt ozongehalt der Atmosphäre als Eingangsparameter für die Berechnung der biologisch-effektiven UV-Strahlung: Analyse der räumlichen und zeitlichen Variabilität A.W. Schmalwieser, G. Schauburger, S. Simic, P. Weihs, Österreich, M. Janouch, K. Vanicek, Tschechische Republik _____	192
Die Bewölkungsprognose als Eingangsparameter für die UV Index Prognose A.W. Schmalwieser, G. Schauburger, H. Dobesch, Österreich _____	193
Untersuchungen der Charakteristika der spektralen UV-Strahlung auf dem Hohen Sonnblick (3106 NN) S. Simic, P. Weihs, G. Rengarajan, W. Mikielewicz, Wolfgang Laube, H. Kromp-Kolb, Österreich _____	194
Methodologie für die Ableitung subregionaler pflanzenphysiologisch relevanter Ozonrisikowerte Otto Stüdemann, Sandra Ody, Sabine Eckert, Deutschland _____	195
Einfluss der Bodenreflexion auf die UV-Bestrahlungsstärke auf geneigten Flächen P. Weihs, Österreich _____	196

Session 7b Prozesse an Landoberflächen

Vorträge

Stickoxid- und Ozonflüsse zwischen Atmosphäre und unterschiedlichen Landoberflächen - ein Beispiel aus der Regenwaldrodung Franz X. Meixner, Deutschland _____	197
Das Energiebilanzexperiment EBEX-2000 Th. Foken, C. Bernhofer, Deutschland, R. Vogt, Schweiz, S. P. Oncley, W. Kohsiek, H. Liu, A. Pitacco, D. Grantz, L. Riberio _____	198
Landoberflächenprozesse über heterogener Unterlage: Ergebnisse aus dem LITFASS - Projekt des Deutschen Wetterdienstes Frank Beyrich, Ko-Autoren, Deutschland _____	199
VERTIKO - Ein Forschungsverbund zur Bedeutung kleinräumiger Heterogenitäten in der Atmosphärenforschung (Ziele und erste Ergebnisse) Ch. Bernhofer, V. Goldberg, F. H. Berger, B. Köstner, G. Spindler, H. Mayer, L. Jaeger, T. Foken, J. D. Tenhunen, E. Falge, G. Gebauer, G. Gravenhorst, J. Matschullat, F. Beyrich, G. Adrian, U. Dämmgen, H.-J. Weigel, K. Butterbach-Bahl, A. Raabe, S. Raasch, J. Bange, Deutschland, R. Vogt, Schweiz _____	200
Räumliche Variabilität turbulenter Parameter von Luftströmungen abgeleitet über ein Verfahren der akustischen Laufzeit tomographie A. Raabe, A. Ziemann, K. Arnold, Deutschland _____	201
Turbulenzstruktur über Flächen unterschiedlicher Rauigkeit und Komplexität E. van Gorsel, A. Christen, R. Vogt, Schweiz _____	202
CO ₂ -Austauschprozesse über einem Fichtenbestand anhand von 13C- und CO ₂ -Flussmessungen und Waveletanalysen B. Wichura, N. Buchmann, Th. Foken, Deutschland _____	203
Test verschiedener Koppelungsindizes mit dem gekoppelten Vegetations-Grenzschichtmodell HIRVAC Valeri Goldberg, Deutschland _____	204

Grenzschichtmessungen und Modellvalidation über bewachsenen Landoberflächen Bernd Maurer, Günther Heinemann, Clemens Simmer, Patrick Gross, Deutschland _____	205
Poster	
Bestimmung von Wasserhaushaltsgrößen auf unbewachsenen Tagebaukippen der Bergbaufolgelandschaft der Lausitz D. Biemelt, U. Grünewald, Deutschland _____	206
Untersuchung von Parametrisierungsansätzen des Bodenwärmestromes unter Nutzung von Klimadaten P. Bissolli, S. Hechler, E. Dittmann, Deutschland _____	207
Reaktionszeiten im System Atmosphäre – Pflanze, gemessen während der totalen Sonnenfinsternis in Süddeutschland am 11. August 1999 Th. Foken, Th. Kartschall, F. Badeck, K. Waloszczyk, B. Wichura, J. Gerchau, Deutschland _____	208
Drift-Korrektur des CO ₂ -Flusses und Konsequenzen für den Betrag der jährlichen CO ₂ -Senke an der Ankerstation Tharandt Thomas Grünwald, Deutschland _____	209
Ein weiterentwickeltes Holtlag-van Ulden-Schema zur Stabilitäts-Parametrisierung in der Bodenschicht M. Göckede, Th. Foken, Deutschland _____	210
GIS-Anwendung eines Konzepts zur Klimaregionalisierung in komplexen Mittelgebirgslandschaften Janet Häntzschel, Valeri Goldberg, Christian Bernhofer, Deutschland _____	211
Das Kranzberg Ozone Fumigation Experiment (KROFEX) Christian Heerdt, Deutschland _____	212
Ozon-Deposition an einem Waldstandort O. Klemm, A. Mangold, Deutschland _____	213
Rückkopplungseffekte zwischen Bodenfeuchte, Landnutzung und Niederschlag im Volta Becken Harald Kunstmann, Gerlinde Jung, Richard Knoche, Deutschland, Ignaz Vergeiner, Österreich _____	214
Der Einfluss von Korrekturen für die Eddy-Kovarianz-Methode auf die Schliessung der Energiebilanz C. Liebenthal, Th. Foken, Deutschland _____	215
Ergebnisse verschiedener Turbulenzmessgerätevergleiche M. Mauder, Th. Foken, Deutschland _____	216
Pflanzen als Akzeptoren atmosphärischer Stofffrachten Ronald Queck, Christian Bernhofer, Deutschland _____	217
Mikroklimatische Konsequenzen der Aufforstung von Grasland Jutta Rost, Lutz Jaeger, Helmut Mayer, Deutschland _____	218
Untersuchung des Turbulenten Austausches zwischen einem tropischem Regenwald und der Atmosphäre unter Anwendung der "Surface Renewal" Methode U. Rummel, C. Ammann, F.X. Meixner, Deutschland _____	219
Methoden zur Messung turbulenter Spurengasflüsse im Vergleich Johannes Ruppert, Bodo Wichura, Thomas Foken, Deutschland, Anthony Delany, USA _____	220
Strukturen der turbulenten Strömung in der atmosphärischen Grenzschicht und ihr Einfluß auf den äolischen Sedimenttransport Hans-Jürgen Schönfeldt, Deutschland _____	221
Bestimmung des Bodenwärmestromes für unterschiedliche Oberflächen in Abhängigkeit vom NDVI Angela Schwiebus, Deutschland _____	222

Integrale Turbulenzcharakteristiken – ein Überblick Chr. Thomas, B. Wichura, Th. Foken, Deutschland	223
Räumlich und zeitlich hochaufgelöste Spektralanalyse des Strahlungsangebotes in einem Fichten - Buchen – Mischbestand Herbert Werner, Deutschland	224

Session 7c Regionalisierung von Wechselwirkungen

Vorträge

Vergleiche der verschiedenen Verfahren zur Wechselwirkung Boden Atmosphäre Franz Fiedler, Deutschland	225
Modellierung des Abflusses im Oberlauf der Oder mit einem gekoppelten atmosphärischen/hydrologischen Modell H.-T. Mengelkamp, J. Suttmöller, T. Zhao, Deutschland	226
LES-Modellvalidierung mit dem Verfahren der akustischen Laufzeittomographie Sonja Weinbrecht, Deutschland	227
LLM - eine hochauflösende Version des LM zur Bestimmung turbulenter Flüsse in Bodennähe H.-J. Herzog, U. Schubert, G. Vogel, Deutschland	229
Zum Einsatz des LLM als Validierungsinstrument für die NWV G. Vogel, H.-J. Herzog, U. Schubert, Deutschland	230
Der Einfluss der Schneedecke auf das System der Wechselwirkungen zwischen Erdoberfläche und Atmosphäre Kristina Fröhlich, Deutschland	231

Session 8a Umweltphysik

Vorträge

Umweltphysik in der Deutschen Physikalischen Gesellschaft: Organisation, Themenbereiche und ausgewählte Ergebnisse Wolfgang Roether, Deutschland	232
Freie Radikale: Beobachtungen, Zyklen und Rolle in der Troposphärenchemie Ulrich Platt, Deutschland	233
Remote Sensing of atmospheric Constituents using GOME and SCIAMACHY John P. Burrows, Deutschland	234
Laboruntersuchungen zu physikalischen und chemischen Eigenschaften atmosphärischer Aerosole und Photoprozessen atmosphärischer Spurengase E. Rühl, Deutschland	235

Poster

Zur Niederschlagsstruktur in der Region Trier A. Heibig, P. Krahe, Deutschland	236
Untersuchungen zur physikalischen Modellierung fahrzeuginduzierter Turbulenz in Straßenschluchten Stephan Henne, Deutschland	237

Austausch von H ₂ O ₂ und HCHO zwischen Atmosphäre und Schnee Hans-Werner Jacobi, Deutschland	238
Dekadische Variabilität der thermohalinen Zirkulation im östlichen Mittelmeer Birgit Klein, Wolfgang Roether, Deutschland	239
Laborexperimente zur Charakterisierung atmosphärischer Aerosole und deren heterogene Reaktionen B. Berge, M. Hamza, W. Mikosch, T. Mitschke, J. Rohmann, B. Steiner, K. Sudholz, E. Rühl, Deutschland	240
Untersuchungen zur Ethylenemission in einem Waldgebiet U. Spanier, B. Rappenglück, H. Werner, Fabian, Deutschland	241
Ein Monte-Carlo-Modell für dreidimensionale Strahlungstransportsimulation C. v. Friedeburg, A. Morgner, M. Wenig, T. Wagner, U. Platt, Deutschland	242

Session 8b Umweltmeteorologie incl. Verfahren, Planung, Qualitätssicherung

Vorträge

Analyse der urbanen Luftqualität mittels mobiler Messungen Wilhelm Kuttler, Thomas D. Wacker, Deutschland	243
Anwendung eines komplexen Ausbreitungsmodells zur Bestimmung von Immissions-Kenngrößen im gegliederten Gelände T. Sperling, F. Steffany, M. Kerschgens, Deutschland	244
Ringvergleich von Modellanwendungen bei Immissionsprognosen – ein „neuer“ Beitrag zur Qualitätssicherung W. Bächlin, W.J. Müller, A. Lohmeyer, Deutschland	245
Ansätze für Luftqualitätsindizes Helmut Mayer, Christina Koppe, Peter Griem, Fritz Kalberlah, Dieter Ahrens, Deutschland	246
Standortbezogene meteorologische Zeitreihen in der zukünftigen TA Luft – Kriterien, Methoden, Hilfsmittel und offene Fragen Jost Nielinger, Werner-Jürgen Kost, Deutschland	247
Zur Energiebilanz in Städten: Fortschritte im Rahmen der Arbeitsgruppe 2 der COST - Aktion 715 "Meteorology applied to urban air pollution problems" Martin Piringer, Österreich	248
Flächenhafte Regionalisierung von Klimagrößen aus Messfahrtsuren durch GIS-gestützte mathematische Analyseverfahren R. Kunka, R. Oestreicher, Deutschland	249
METRAS+: Ein benutzer-orientiertes Werkzeug zur Stadt- und Regionalplanung für Beratungsunternehmen und Behörden Klaus Bigalke, Hans-Dieter Haenel, Heiko Pankus, K. Heinke Schlünzen, Deutschland	250
Mikroskalige Modellierung der Schadstoffausbreitung in der städtischen Hindernisschicht Michael Schatzmann, Bernd Leitl, Deutschland	251
Strömung und Turbulenz im Bereich des Bahnhofs Wien – Mitte Martin Piringer, Gabriele Rau, Kathrin Baumann, Österreich	252
Meteorologische Aspekte bei der Simulation der Schallausbreitung Dietrich Heimann, Deutschland	253

Poster

Systematic testing of a measurement container system in a boundary layer wind tunnel S. Aubrun, B. Leitz, F. Holland, M. Schatzmann, Deutschland	254
Von der Stadtklimatopkarte zur hypothetischen Klimafunktionskarte für eine städtebauliche Rahmenplanung Claudia Erler, Otto Stüdemann, Deutschland	255
Planerisches Bewertungsverfahren auf Grundlage einer Stadtklimaanalyse Lutz Katzschner, Deutschland	256
Das Krisenmodellpaket TAMOS der ZAMG für nukleare Störfälle: Teil 1 - Beschreibung des Modellsystems M. Langer, U. Pechinger, E. Polreich, E. Petz, Österreich	257
Stadtklima und Lufthygiene in Bucaramanga/Kolumbien R. Lazar, Österreich	258
Ausgewählte Klimaindikatoren für die Region Trier Johannes Lüers, Deutschland	259
Nachbildung wesentlicher Turbulenzeigenschaften einer städtischen Grenzschicht im Grenzschichtwindkanal Frauke Pascheke, Deutschland	260
Das Krisenmodellpaket TAMOS der ZAMG für nukleare Störfälle: Teil 2 – Ergebnisse mit ECMWF und ALADIN Prognosen U. Pechinger, M. Langer, E. Polreich, E. Petz, Österreich	261
Klimaanalyse einer mitteleuropäischen Großstadt in Talkessellage (Aachen) Gerhard Peschel, Deutschland	262
Berechnung von Immissionswerten innerhalb eines beidseitig bebauten Straßenquerschnitts Gabriele Rau, Österreich	263
Evaluierung atmosphärischer Modelle für die Berechnung von Strömungsfeldern Heinke Schlünzen, Heiko Pankus, Deutschland	264
Backward Lagrangian particle modelling and source-receptor matrices as a tool in environmental meteorology Petra Seibert, Andreas Frank, Österreich	265
Einfluss der Rauigkeitsparametrisierung auf die Windenergiepotentialbestimmung B. Wichura, U. Behrens, M. Göckede, Th. Foken, Deutschland	266
Methode zur Abschätzung der NO ₂ -Exposition von Kindern Dirk Wintermeyer, Deutschland	267

Session 8c Chem. Prozesse, Transporte

Vorträge

Ausbreitung eines inerten Spurenstoffs simuliert mittels des Regionalmodells MCCM Andreas Pfeiffer, Deutschland	268
Transport von Waldbrandemissionen von Kanada nach Europa C. Forster et al., Deutschland	269
Untersuchungen der atmosphärischen CO ₂ -Konzentration mit dem Regionalmodell REMO Ute Karstens, Deutschland	270

Analyse luftchemischer Messungen im Hochgebirge: Ergebnisse für Jungfraujoch und Hoher Sonnblick. Ein Beitrag der Kooperation zwischen Deutschland, Österreich und der Schweiz zum Global Atmosphere Watch Programme der WMO A. Kaiser, R. Nemeth, H. Scheifinger, Österreich, J. Forrer, P. Hofer, A. Weiss, Schweiz _____	271
Alpines Pumpen – durch Alpen verstärkter Vertikalaustausch Matthias Lugauer, Peter Winkler, Deutschland _____	272
Kontinuierliche 4D Quellzuordnung für die Bodenmeßstationen der BERLIOZ Kampagne mit Hilfe des neuartigen Euler-Lagrange Modells LaMM5 Andreas Becker, Eberhard Schaller, Deutschland _____	273
Analyse erhöhter Ozon- und PAN-Konzentrationen in der nächtlichen Grenzschicht über dem Stadtgebiet Berlins Bernhard Rappenglück, Deutschland _____	274
Transport und chemische Umwandlung von Luftschadstoffen im Nahbereich von Autobahnen - Numerische Simulationen D. Bäumer, F. Fiedler, B. Vogel, Deutschland _____	275
Untersuchungen der Beziehungen zwischen Aerosolen und reaktiven Spurengasen an der GAW-Station Hohenpeißenberg Stefan Gilge, Uwe Kaminski, Deutschland _____	276
Messung und Analyse von troposphärischem BrO in der marinen Grenzschicht der Antarktis U. Frieß, T. Wagner, U. Platt, Deutschland _____	277
Poster	
Schadstoffaustausch in einer sommerlichen Grenzschicht mit Cumulusbewölkung - Messflüge und Grenzschichtprofilmessungen im Raum Graz Kathrin Baumann, Martin Piringer, Österreich, C. Kiemle, Deutschland _____	278
Filterung luftchemischer Meßreihen im Alpenraum: Erste Ergebnisse der GAW-DACH-Zusammenarbeit Wolfgang Fricke, Deutschland _____	279
UV Vorhersage basierend auf deterministische Ozonvorhersage mit dem neuen globalen Modell des DWD Leonhard Gantner, Ingo Jacobsen, Deutschland _____	280
Der Einfluß von Lokalwindssystemen auf die Ozonbelastung im Umland von Ballungsräumen am Beispiel Graz Andreas Gobiet, Österreich _____	281
Die Bedeutung von Radon als Tracer im luftchemischen Meßprogramm der GAW Station Hohenpeißenberg Uwe Kaminski, Deutschland _____	282
Inhomogene Rauigkeit und reale Topographie – Ihre Bedeutung für die zukünftige Ausbreitungsrechnung – Werner-Jürgen Kost, Jost Nielinger, Deutschland _____	283
Die Variabilität der Spurenstoffkonzentrationen im Nebelwasser von Hochnebel im Zentralraum der Mur-Mürzfurche Alexander Podesser, Österreich _____	284
Ferntransporte und Photochemie im östlichen Mittelmerraum B. Rappenglück et al., Deutschland _____	285
Primäre Photoprozesse atmosphärischer Spurengase R. Flesch, J. Plenge, M. C. Schürmann, S. Kühl, M. Klusmann, E. Rühl, Deutschland _____	286
Trends von Schadstoffzeitreihen an hochgelegenen Stationen (DACH GAW) der Alpen Helfried Scheifinger, August Kaiser, Österreich _____	287

Der Einfluss dynamischer Verkehrssimulation auf die Immissionssituation im Großraum Köln F.-N. Sentuc, N. Eissfeldt, M. Luberichs, M. Kerschgens, A. Ebel, Deutschland	288
Luftschadstoff-Messungen an ländlichen Hintergrundstandorten in Österreich Wolfgang Spangl, Österreich	289
Interkontinentaltransport von Luftschadstoffen Andreas Stohl et al., Deutschland	290
Tritium als 'natürlicher' tracer von Luftmassen Roland Tesch, Österreich	291
Einsatz eines diagnostischen Strömungsmodells im operationellen Betrieb für die Umgebungsüberwachung im Nahbereich kerntechnischer Anlagen D. Teuchert, M. Kerschgens, M. Moellmann, Deutschland	292
Meteorologische Filterung hochalpiner NOx und CO-Daten vom Jungfrauoch, CH Andrea Weiss, Jann Forrer, Peter Hofer, Schweiz	293

Session 8d Gerüche und deren Ausbreitung

Vorträge

Ausbreitungsmodelle für Geruchsstoffe zur Abschätzung von Geruchsbelästigungen G. Schauburger, M. Piringer, Österreich	294
Kontinuierliche 1-Jahres-Simulationen zur Ausbreitung von Geruchsstoffen in der Atmosphäre Günter Groß, Deutschland	295
Physikalische Modellierung von Geruchsausbreitungsvorgängen im Nahfeld eines Schweinestalles B. Leittl, S. Aubrun, M. Schatzmann, Deutschland	296
Ausbreitung von Gerüchen in Kaltluftabflüssen R. Röckle, C.-J. Richter, Deutschland	297
Stand und Entwicklung der Geruchsausbreitungsrechnung in Genehmigungsverfahren Uwe Hartmann, Deutschland	298

Poster

Geruchsstoffausbreitungsberechnung für inhomogene Rauigkeit in komplexes Gelände Werner-Jürgen Kost, Jost Nielinger, Deutschland	299
Simulation der großräumigen Geruchsbelästigung im Raum Wien als Folge eines Industrieunfalls Gabriele Rau, Kathrin Baumann, August Kaiser, Ulrike Pechinger, Österreich	300
Untersuchung der Lagerfähigkeit von Geruchsproben C.-J. Richter, K.-H. Enderle, N. Papamichail, Deutschland	301
Praktische Erfahrungen mit der "Vorläufigen Richtlinie zur Beurteilung von Immissionen aus der Nutztierhaltung in Stallungen" unter besonderer Berücksichtigung rechtlicher Rahmenbedingungen Josef Teufelhart, Österreich	302

Session 9a FA Hydrometeorologie

Vorträge

Erfassung und Modellierung des Wasserhaushaltes in Flusseinzugsgebieten - Voraussetzung zum nachhaltigen Haushalten mit dem Wasser in der Landschaft U. Grünwald, Deutschland	303
Impacts of heavy precipitation in November 2000 in Slovenia Tanja Cegnar, Slovenia	304
Klimaänderung und extreme Flusswassermengen: Eine Prozessstudie für den Rhein mit einemgekoppelten Klima-Abfluss-Modell Jan Kleinn, Christoph Frei, Joachim Gurtz, Pier Luigi Vidale, Christoph Schär, Schweiz	305
Summer floods in central Europe in 1813 – an analogy of floods in 1997? Jan Munzar, Czech Republic	306
Mikroklimatologische und tracerhydrologische Bestimmung der Verdunstung eines forstlichen Ökosystems Lutz Jaeger, Steffen Holzkämper, Deutschland	307

Poster

Mittlere jährliche tatsächliche Verdunstung und Abflusshöhe (1961-1990) für den Hydrologischen Atlas von Deutschland P. Jankiewicz, G. Glugla, C. Rachimow, K. Richter, G. Fürtig, Deutschland	308
Mehrjährige Auswertung des atmosphärischen Feuchtehaushaltes über den Alpen Christoph Matulla, Leopold Haimberger, Österreich	309
Zur Korrektur des systematischen Fehlers bei der Niederschlagsmessung Markus Ungersböck, Ingeborg Auer, Franz Rubel, Österreich	310

Session 9b BALTEX

Vorträge

BALTEX - as viewed from BAHC Ferenc Acs, Hungary	311
Modellierung von Wasserkreisläufen in der Wettervorhersage Gerhard Adrian, Deutschland	312
Landexperimente aus hydrologischer Perspektive Günter Blöschl, Österreich	313
Niederschlagscharakteristika im Ostseeraum Daniela Jacob, Ralf Podzun, Deutschland	314
Studien zum atmosphärischen Wasserkreislauf im BALTEX-Gebiet E. Ruprecht, Deutschland	315
Modellierung des Wasserkreislaufes auf kontinentalen bis regionalen Skalen Christoph Schär, Schweiz	316

Poster

Niederschlagsmessung über der Ostsee Marco Clemens, Karl Bumke, Deutschland	317
--	-----

Empirische Trennung von Abflusskomponenten im BALTEX Gebiet Peter Carl, H. Behrendt, Deutschland _____	318
Untersuchungen zur kleinräumigen Niederschlagsstruktur Thomas Hauf, Deutschland _____	319
Niederschlag und Verdunstung ueber der Ostsee - 1 Jahr Messungen und Simulationen Barbara Hennemuth, Daniela Jacob, Deutschland _____	320
Das Klima im Ostseeraum -Ergebnisse regionaler Klimaberechnungen Daniela Jacob, Ralf Podzun, Deutschland _____	321
Validierung der Wolkenparametrisierung eines regionalen Atmosphärenmodells mit ISCCP-Satellitendaten Vergleich von Wolkeneigenschaften Insa Meinke, Deutschland _____	322
Einfluß der Kopplung eines Wettervorhersagemodells und eines hydrologischen Modells auf die Evapotranspiration Gisela Müller, Deutschland _____	323
BALTEX: Was haben wir bisher erreicht? Ehrhard Raschke, Jens Meywerk, Deutschland _____	324
Bedeutung der Eisteilcheneigenschaften in Parametrisierungsmodellen der Wolkenmikrophysik Thorsten Reinhardt, Ulrike Wacker, Deutschland _____	325
Das Meereis in der Eisrandzone der Ostsee und sein Einfluß auf die atmosphärischen turbulenten Impuls-, Wärme- und Feuchteflüsse David Schröder, Burghard Brümmer, Agathe Kerber, Deutschland, Timo Vihma, Finnland _____	326
Entwicklung von Niederschlagsprofilen unter der Wirkung der Sedimentation Axel Seifert, Ulrike Wacker, Deutschland _____	327

Session 10a "Trockene Phase": Strömungsphänomene, Föhn, Grenzschicht

Vorträge

Overview of the Mesoscale Alpine Programme (MAP) Phillipe Bougeault, Frankreich _____	328
Föhnmodelle im Laufe der Zeit B. Dürr, H. Richner, Schweiz _____	329
Einfluss des Föhns auf die Ozonbelastung im alpinen Rheintal - Ergebnisse des MAP Experimentes Kathrin Baumann, Martin Piringer, Gabriele Rau, Ulrike Pechinger, Österreich _____	330
Vertikalwinde und Schwerewellen in einem Foehtal – Fallstudien mit Szintillometern und Mikrobarographen während MAP-FORM M. Furger, S. Gubser, F. von Arx, Schweiz _____	331
Kontinuierliche Wind-Temperatursondierungen mit einem mobilen RADAR-RASS System während des MAP- Feldexperiments Siegfried Vogt, Deutschland _____	332
Erstmalige Messung troposphärischer Windfelder mit dem flugzeuggetragenen Doppler-Lidar WIND während MAP	

Oliver Reitebuch, Christian Werner, Hans Volkert, Deutschland Patricia Delville, Pierre H. Flamant, Alain Dabas, Evelyne Richard, Frankreich	333
Qualitätskontrolle und Analyse von Beobachtungsdaten	
Inga Groehn, Reinhold Steinacker, Christian Häberli, Wolfgang Pöttschacher, Matthias Ratheiser, Manfred Dorringer, Österreich	334
Poster	
Rekonstruktion der räumlichen Turbulenzstruktur alpiner Hangwinde aus Profilmessungen mit Ultraschall Anemometern	
Andreas Christen, Eva van Gorsel, Roland Vogt, Schweiz, Andrea Pitacco, Italien	335
A new Generation of Quality Control Tools for Meteorological Data at MeteoSwiss	
Estelle Grüter, Ursula Küng, Peter Mumenthaler, Josefa Mettler, Marco Bassi, Thomas Konzelmann, Rudolf Dössegger, Mario Rohrer, Urs Steinegger, Patricia Handschin, Daniela Lorenzi, Christian Häberli, Schweiz	336
Ist die föhntheorie revisionsbedürftig?	
S. Gubser, H. Richner, Schweiz	337
Mischungshöhen in komplexem Gelände	
Thomas Haiden, Österreich	338
FACT.(Forecasting in Alpine and Complex Terrain) – eine Initiative zur Weiterentwicklung der alpinen Wettervorhersage	
Peter Parson, Österreich	339
Der Vortex Viennensis	
Matthias Ratheiser, Reinhold Steinacker, Österreich	340
Vergleich von Flugzeugmessungen (STAAARTE 99) und Bodenmessungen von Ozon vor und während eines Südföhn-Ereignisses	
Gabriele Rau, Kathrin Baumann, Österreich	341
Untersuchung von Gebirgswellen mit Segelflugzeugen	
Reinhold Steinacker, Österreich	342
Temperaturschichtungen im Alpenrheintal bestimmt mit einem Wind-Temperatur-Radar sowie aus den Daten einer Tal- bzw. Hangstation	
S. Vogt, Deutschland, R. Werner, Österreich	343
Zum Tagesgang der Temperaturschichtung im Alpenrheintal	
Richard Werner, Österreich, Siegfried Vogt, Deutschland	344
Ein neues Modell zur Simulation des Berg- Talwindes	
Friedrich Wölfelmaier, Reinhold Steinacker, Österreich	345
Die Bedeutung von Paessen bei der Ueberstroemung von Gebirgen	
Günther Zängl, Deutschland	346
Gebirgsüberströmungen mit horizontaler Scherung	
Matthias Zillig, Schweiz	347

Session 10b "Nasse Phase"

Vorträge

Die Radarmesskampagne im nassen MAP Gianmario Galli, Remo Cavalli, Schweiz	348
Starkniederschlagsereignisse beobachtet mit METEOSAT-6 während des Mesocale Alpine Programme Martin Bolliger, Peter Binder, Hanspeter Roesli, Schweiz	349
Schneeverfrachtung und Schneedeckenentwicklung in Alpinem Gelände Michael Lehning, Norbert Raderschall, Judith Doorschot, Schweiz	351
Der Einfluss der Luftfeuchte auf die Ablation des Vernagtferners – Ergebnisse der Feldkampagnen HyMEX98 und HyMEX2000 Markus Weber, Deutschland	352

Poster

Die räumliche Struktur des Niederschlages im Einzugsgebiet der Saar Steffen Möller, Alfred Helbig, Gereon Klein, Deutschland	353
Vergleich von GPCP-1DD und EZMW Niederschlagsprodukten mit beobachteten Niederschlagsfeldern über den Alpen P. Skomorowski, F. Rubel, Österreich, B. Rudolf, Deutschland	354

Session 11 Geschichte der Meteorologie

Vorträge

Vienna and the Founding of Dynamical Meteorology Huw C. Davies, Schweiz	355
Bjerknes und Leipzig - Zum 50. Todestag von Vilhelm Bjerknes (1862-1951) Michael Börngen, Christian Hänsel, Deutschland	356
Die ersten internationalen Simultanaufstiege und die Anfänge der synoptischen Aerologie zu Ausgang des 19. Jahrhunderts Karl-Heinz Bernhardt, Deutschland	357
Geschichte des österreichischen Klimamessnetzes und ihre Relevanz für die Homogenität von Klimazeitreihen Reinhard Böhm, Ingeborg Auer, Wolfgang Schöner, Österreich	358
Frühe meteorologische Lehrbücher Grundsätze der Meteorologie von Schübler (1831) Stefan Emeis, Deutschland	359

Poster

Fluctuations of extremely cold and warm months in the Czech Republic during the period of instrumental records Rudolf Brázdil, Jan Písek, Vít Květoň, Czech Republic	360
Discovery of a description of climate and environment in Moravia from the end of the 18 th Century Jan Munzar, Czech Republic	361
Heinrich v. Fickers Föhnfahrten im Gasballon Reinhold Steinacker, Österreich	362
Felix Maria EXNER: ein gelehrter Wiener und wichtiger Pionier der dynamischen Meteorologie Hans Volkert, Deutschland	363

Session 12 Tropische Meteorologie und Wechselwirkungen zwischen Tropen und Außertropen

Vorträge

Tropical-extratropical interactions on time scales from synoptic to general circulation Dayton G. Vincent, USA _____	364
Die Bedeutung von afrikanischen „Easterly Waves“ für den Monsunniederschlag in Westafrika A. H. Fink, P. Speth, Deutschland _____	365
Der Einfluß atmosphärischer Asymetrien auf die Intensitätsänderungen tropischer Zyklone Dominique Möller, Deutschland _____	366
The Intensification of Hurricane Opal in a GFDL Model Forecast: Symmetric and Asymmetric Contributions Lloyd Shapiro, Deutschland _____	367
Bahnvorhersage tropischer Zyklone mit einem barotropen Modell Harry Weber-Philipp, Deutschland _____	368
Der Zusammenhang zwischen afrikanischen "Easterly Waves" und mesoskaligen Konvektionsniederschlägen in Westafrika unter Verwendung der Mikrowellenfernerkundung von Regenraten A. Reiner, A.H. Fink, P. Speth, Deutschland _____	369
Sensitivitätsstudien mit einem hochauflösenden mesoskaligen Modell zur Wechselwirkung von Landoberflächen-Strukturen und Niederschlag in Westafrika Martin Sogalla, Heike Hübener, Michael Kerschgens, Deutschland _____	370
Die 30-60 Tage Oszillation in dem gekoppelten Atmosphäre-Ozean Modell ECHAM4/OPYC3 Stefan Ließ, Lennart Bengtsson, Klaus Arpe, Deutschland _____	371

Poster

Einfluß der Vertikalverteilung des Wasserdampfes auf den Lebenszyklus intrasaisonaler Konvektionsschwankungen über dem tropischen Indopazifik P. Allard, A. H. Fink, P. Speth, Deutschland _____	372
Monsunklima - Phaenomenologie vs. Topologie: Syntheseversuch & Plaedoyer fuer einen topologisch fundierten Monsunbegriff Peter Carl, Deutschland _____	373
Die Bedeutung von afrikanischen „Easterly Waves“ für den Monsunniederschlag in Westafrika A. H. Fink, P. Speth, Deutschland _____	374
Die Rolle barokliner Instabilität für Niederschlagsereignisse während der Changma- Periode in Korea Heike Hübener, Uwe Ulbrich, Peter Speth, Deutschland _____	375
Die Langlebigkeit tropischer Wirbelstürme in den mittleren Breiten Sarah Jones, Deutschland _____	376
Ultra-dünne Wolken an der tropischen Tropopause Th. Peter, B.P. Luo, Schweiz, Ch. Kiemle, M. Wirth, S. Borrmann, A. Thomas, C. Schiller, Deutschland, A. Adriani, F. Cairo, L. Stefanutti, V. Santacesaria, Italien, K.S. Carslaw, A.R. MacKenzie, Great Britain, V. Khattatov, Russia _____	377
Numerische Simulationen zur Untersuchung der Wechselwirkung einer Tropischen Zyklone mit einem außertropischen Tief Helga Weindl, Sarah C. Jones, Deutschland _____	378

DIE GESCHICHTE DER ZENTRALANSTALT FÜR METEOROLOGIE UND GEODYNAMIK

Christa Hammerl, Österreich

Mit Allerhöchster Entschliebung vom 23. Juli 1851 bewilligte Kaiser Franz Joseph die Errichtung „...einer Centralanstalt für meteorologische und magnetische Beobachtungen“ der Zentralanstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus, die auf eine Initiative der Österreichischen Akademie der Wissenschaften zurückgeht. Diese richtete bereits 1848 das Ersuchen an Karl Kreil, Direktor der Sternwarte zu Prag und wirkliches Mitglied der Akademie, ein meteorologisches Beobachtungssystem für die österreichische Monarchie zu entwerfen.

Karl Kreil (1798 – 1862) wurde erster Direktor der neu gegründeten Zentralanstalt und zugleich Professor für Physik an der Universität Wien. Diese Personalunion, zwischen Direktor einerseits und Universitätslehrer andererseits, blieb bis heute erhalten und beeinflusste nachhaltig die wissenschaftliche Forschung an der Zentralanstalt.

Kreil richtete ein meteorologisches Beobachtungssystem für das Gebiet der gesamten österreichischen Monarchie ein und führte für dieses auch die erste geomagnetische Landesaufnahme durch.

1865 begann man an der Zentralanstalt mit der Herausgabe einer täglichen Wetterkarte.

1872 übersiedelte die Zentralanstalt in ihr, von Heinrich Ferstel erbautes, neues und endgültiges Quartier an der Hohen Warte in Wien Döbling. Ein Jahr später, 1873, organisierte die Zentralanstalt den ersten internationalen Meteorologenkongress in Wien, wo die Internationale Meteorologische Organisation (IMO) als Vorläuferin der Weltmeteorologischen Organisation (WMO) gegründet wurde.

Ab 1877 erfolgte die Ausgabe des täglichen telegraphischen Wetterberichtes, mit einer synoptischen Karte und der Prognose für den folgenden Tag. Der neue Wetterbericht enthielt die Morgenbeobachtung von 60 Stationen aus allen Teilen Europas, darunter 24 inländische.

Mit Erlass vom 23. Februar 1904, wurde der Zentralanstalt der gesamte seismische Dienst für Österreich übertragen, was auch die Namensänderung in Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik nach sich zog.

In seinem Amt als Direktor folgten Kreil hervorragende Wissenschaftler, darunter Julius Hann (1839 – 1921) und Felix Maria Exner (1876 – 1930). War Hanns Bedeutung in der Klimatologie eine weltweite und begann man in seiner Ära von einer österreichischen Meteorologenschule zu sprechen – Hann verfasste auch das umfassende „Lehrbuch der Meteorologie“ –, so erinnert man sich bei Exner an einen großen Theoretiker und an sein Werk der „Dynamischen Meteorologie“. An der Zentralanstalt arbeiteten u.v.a. Forscher wie Max Margules (1856 – 1920), Mitbegründer der theoretischen Meteorologie und Victor Conrad (1876 – 1962), Entdecker der nach ihm benannten Diskontinuität im mittleren Bereich der Erdkruste.

Nur einmal wurde die Tradition der Zentralanstalt unterbrochen: nach dem Anschluss Österreichs an das Deutsche Reich musste der Klima- und Wetterdienst nach Berlin übersiedelt werden, wo diese dem Deutschen Reichswetterdienst unterstellt wurden; die Zentralanstalt in Wien wandelte man in ein Forschungsinstitut um. Nach dem zweiten Weltkrieg wurde der ursprüngliche Zustand wieder hergestellt und es kam zu einer beachtlichen personellen und räumlichen Expansion der Zentralanstalt, die auch in den zahlreichen wissenschaftlichen Forschungsergebnissen reflektiert wird. 1957 konnte ein Haus auf dem Nachbargrundstück erworben und in der Folge für Bürozwwecke adaptiert werden; zwischen 1967 und 1973 wurde ein Radarturm, ein Ballonfüllhaus und ein neues Bürogebäude in zwei Baustufen auf dem Gelände der Zentralanstalt errichtet. Das neue Bürogebäude beherbergt u.a. eine der größten Fachbibliotheken auf dem Wissensgebiet der Meteorologie und Geophysik.

Heute ist die Zentralanstalt, mit ihren Regionalstellen für Salzburg und Oberösterreich, für Kärnten, für Tirol und Vorarlberg und für die Steiermark, als teilrechtsfähige Einrichtung des Bundes, ein moderner Dienstleistungsbetrieb. Nur einige Tätigkeiten seien hervorgehoben: die Synoptikabteilung ist, unter Zuhilfenahme modernster Technik, für den täglichen Prognosedienst zuständig. Die geophysikalische Abteilung führt den Erdbeben- und Geomagnetischen Dienst durch. Die Klimaabteilung erstellt, mittels der aus dem österreichischen Messnetz gewonnenen Daten, Klimastatistiken und -karten. Die technische Abteilung betreut dieses meteorologische Messnetz, das aus teilautomatischen Wettererfassungssystemen (TAWES-Stationen) und teilautomatischen Klimastationen (TAKLIS-Stationen) besteht. Die Abteilung für Umweltmeteorologie untersucht die Ausbreitung von Schadstoffen in der Atmosphäre und gibt in Krisenfällen (z.B. bei Austritt von Radioaktivität in die Atmosphäre) direkte Information an die Bundeswarnzentrale ab. Die Abteilung für elektronische Datenverarbeitung ist mit modernsten Geräten zur Bewältigung der umfangreichen computergesteuerten Abläufe ausgestattet.

Literatur: Hammerl, Christa: Die Geschichte der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, in: Die Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik 1851 – 2001. Meteorologie und Geophysik in Österreich (Graz Leykam 2001) S. 19–299.

150 JAHRE METEOROLOGISCHE FORSCHUNG IN ÖSTERREICH: „HIGHLIGHTS“ AUF DEM GEBIET DER SYNOPTISCHEN UND DYNAMISCHEN METEOROLOGIE

Helmut Pichler, Österreich

An Hand der Würdigung hervorragender Persönlichkeiten, die die österreichische Meteorologie hervorgebracht hat, sollen die wissenschaftlichen Leistungen der österreichischen meteorologischen Forschung in den vergangenen 150 Jahren auf dem Gebiet der synoptischen und dynamischen Meteorologie aufgezeigt werden. Der Höhepunkt dieser Leistungen ist aus internationaler Sicht mit Weltgeltung zu Ende des 19. Jahrhunderts und in den ersten Dezennien des 20. Jahrhunderts anzusiedeln. In dieser Epoche sprach man von einer österreichischen „Meteorologenschule“, zu deren Vertreter J. v. Hann, M. Margules, J. M. Pernter, W. Trabert, F. M. Exner, H. v. Ficker und A. Defant gehörten. J. v. Hann hat sich als Begründer der modernen Klimatologie (s. Vortrag von M. Hantel) Weltruf erworben, hat aber auch bedeutende Arbeiten auf dem Gebiet der Meteorologie aufzuweisen, wie z. B. die Außerstreitstellung der Erwärmung der Luft bei Föhn durch adiabatische Kompression an Hand einer sorgfältigen Datenanalyse über die Fallwinde in Grönland. Außerdem hat er die Gründung von Bergobservatorien (z.B. Sonnblick) angeregt. Die Analyse der Beobachtungsdaten vom Sonnblick (3106 m) über die ersten 3 Jahre hat dann zu einer Widerlegung der Konvektionstheorie über die Entstehung der außertropischen Tief- und Hochdruckgebiete geführt.

M. Margules wiederum kann als einer der Begründer der theoretischen Meteorologie angesehen werden. Seine Arbeiten besitzen größtenteils bleibenden Wert: Erklärung der synoptisch bedingten Druckänderungen über die sogenannte Tendenzgleichung (lange vor V. Bjerknes). Weiters die Darstellung einer Grenzflächenneigung zwischen warmer und kalter Luft mit den charakteristischen Eigenschaften an der Schnittlinie der Grenzfläche mit dem Erdboden (Front). Mit seinen Arbeiten über die Energieumwandlungen in der Atmosphäre sowohl im konvektiven als auch im synoptischen „Scale“ hat M. Margules die Grundlagen der modernen Energetik der Atmosphäre geschaffen.

F. M. Exner als einer der bedeutendsten Theoretiker (neben J. Bjerknes) hat als erster (einfache) Atmosphärenmodelle geschaffen und auch numerische Integrationsmethoden angegeben, die in der Praxis anwendbar waren. Die Zentralanstalt war mit der Erstellung von Vorhersagekarten um 1908 ihrer Zeit weit voraus. F. M. Exner hat sich auch ausführlich mit zyklonenetischen Prozessen (s. Riegeltheorie) befasst. Sein Lehrbuch: „Dynamische Meteorologie“ (1. Auflage 1917, 2. Auflage 1925) ist auch heute noch lesenswert und verblüfft durch die Vielfalt der dargestellten Themen. Z. B. ist darin bereits die Diskussion der Vorticitygleichung (ohne β -Term) zu finden.

H. v. Ficker war wohl der bedeutendste Synoptiker, den die österreichische Meteorologenschule hervorgebracht hat. Seine Analysen über die polaren Kaltluftinbrüche in Russland über den Ural hinweg, bis zum Pazifik und über die Warmluftwellen in diesem Raum haben bereits die wesentlichen Merkmale der Polarfronttherme der norwegischen Schule vorweggenommen. Eine eingehende Untersuchung eines Sturmes am 4.7.1928 über Norddeutschland führte ihn zum Begriff der Steuerung der bodennahen Störungen mit der Höhenströmung, die ihrerseits wieder vom Wettergeschehen in den bodennahen Luftschichten beeinflusst wird. Weiters weist Ficker auf die Wichtigkeit der Vorgänge in hohen Luftschichten (niedrige Stratosphäre) für die Wetterentwicklung hin (Konzept einer oberen und niederen Druckwelle).

A. Defant ist als Begründer der physikalischen Ozeanographie anzusehen. Er war ein Gelehrter von Weltruf. Vorher hat er aber auch auf dem Gebiet der Meteorologie bedeutende Arbeiten vorgelegt. Von ihm stammt z.B. das Konzept des „turbulenten“ Grossaustausches, der den meridionalen Energietransport zwischen den Subtropen und polaren Gebieten bewältigen kann. Ein bis heute noch gültiges Konzept.

In der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts sind vor allem die Arbeiten von F. Defant und H. Reuter zu erwähnen. Während sich F. Defant mit der Analyse des Jetstreams bzw. der Tropopausenstruktur und der Energetik der Atmosphäre beschäftigte, war es ein Anliegen von H. Reuter der synoptischen Meteorologie theoretische Grundlagen zu geben. Er prägte auch den Begriff der „Theoretischen Synoptik“.

Eine Auflistung von Arbeiten in jüngster Zeit beschließt den Vortrag.

150 JAHRE METEOROLOGISCHE FORSCHUNG IN ÖSTERREICH: „HIGHLIGHTS“ AUF DEM GEBIET DER KLIMATOLOGIE

Michael Hantel, Österreich

Der Vortrag gibt eine Übersicht über einige fundamentale Beiträge österreichischer Wissenschaftler zur Entwicklung der Klimatologie in den letzten 150 Jahren. Wir beginnen mit der frühen holistischen Vorstellung von Klimatologie, in der die anthropogene Komponente dominierte, und betrachten weiter die Anstrengungen des späten 19. und frühen 20. Jahrhunderts, alle biologischen Einzelheiten aus der Klimatologie zu tilgen bis hin zu dem Punkt, an dem die Klimatologie in reiner Form als exakte Wissenschaft erscheint, so wie Astronomie oder mathematische Physik. Wir zeichnen insbesondere die Beiträge von Hann, Wegener, Defant, Milankovitch (der, obwohl serbischer Staatsbürger, zum Gelehrtenkreis der Donaumonarchie gerechnet werden muß) und verschiedenen anderen, die sich dieser großen Aufgabe annahmen. Dazu gehört auch Wilhelm Schmidt mit seiner Vorstellung des Austauschkonzeptes, das heute für die Transportprozesse in den Geofluiden als selbstverständlich gilt.

Als Beispiel für den innovativen Beitrag österreichischer Forscher wird die fast gleichzeitige "Entdeckung" der Passatinversion in der Atmosphäre und die der Dichtesprungschicht im Ozean demonstriert; beide Phänomene wurden gefunden anlässlich der Deutschen Atlantischen Expedition auf dem Forschungs- und Vermessungsschiff METEOR 1925-27 im tropisch-subtropischen Atlantik. Diese Arbeiten waren ursprünglich im Bereich der Grundlagenforschung für die Einzeldisziplinen Meteorologie und Ozeanographie angesiedelt. Ihre Bedeutung für die quantitative Klimatologie erkannte man erst später.

Nachdem die Klimatologie auf diese Weise weit in den Bereich der exakten Wissenschaften vorgetrieben ist, erscheint der anthropogene Aspekt wieder auf der Bildfläche. Die zeitweise verpönte Ganzheitsbetrachtung, die auf Humboldt zurückgeht, drängt sich erneut in den Vordergrund. Nachhaltig beeinflusst vom Paradigma der Gaia-Hypothese von Lovelock, wonach das irdische Klimasystem als eine Art Lebewesen anzusehen ist, macht die Klimatologie einen abermaligen Umschwung durch, der sie verstärkt zur Biosphäre und am Ende wieder zu ihren anthropogenen Wurzeln hinführen scheint. Der Vortrag schließt mit dem Hinweis, dieser "Globale Wandel" möge bei aller verständlichen Zukunftssorge wissenschaftlich bleiben und nicht im Bereich der Mythologie enden.

**150 JAHRE METEOROLOGISCHE FORSCHUNG IN ÖSTERREICH:
„HIGHLIGHTS“ AUF DEM GEBIET DER UMWELTMETEOROLOGIE**
Helga Kromp-Kolb, Österreich

**150 JAHRE METEOROLOGISCHE FORSCHUNG IN ÖSTERREICH:
„HIGHLIGHTS“ AUF DEM GEBIET DER GEOPHYSIK**

Ewald Brückl, Österreich

Globale, regionale und lokale geodynamische Prozesse sind von grundlegendem wissenschaftlichen Interesse und prägen wesentlich den menschlichen Lebensraum. Die Existenz des Erdmagnetfeldes, seine räumliche Verteilung und zeitlichen Veränderungen geben Aufschluß sowohl über das tiefe Erdinnere, als auch die hohe Atmosphäre. Räumliche Anomalien des Magnetfeldes können auf nutzbare Lagerstätten hinweisen. Die Beobachtung der Variation der magnetischen Nordrichtung ist Voraussetzung für eine traditionsreiche Methode der Orientierung. Erdbeben gehen zumeist mit tektonischen Vorgängen einher. Die seismischen Wellen geben Aufschluß über Struktur und physikalische Eigenschaften des Erdinneren. Sie bewirken aber auch Zerstörungen an der Erdoberfläche. Aus dem Schwerefeld kann auf die Massenverteilung und den Ausgleich vertikaler Kräfte innerhalb der Erde geschlossen werden. Veränderungen des Schwerefeldes stehen mit geologischen und meteorologischen Vorgängen, sowie geodynamischen Prozessen in Verbindung. Die Kenntnis des Schwerefeldes ist auch für die Bestimmung des Geoids unerlässlich.

Es ist die Aufgabe der geophysikalischen Abteilung an der ZAMG, die genannten geodynamischen Prozesse und geophysikalischen Felder in ihrem zeitlichen Ablauf an Observatorien zu registrieren und die räumliche Verteilung der jeweiligen geophysikalischen Felder durch Landesaufnahmen zu erfassen. Die gewonnenen Informationen werden an internationale Datenzentren weitergeleitet, aber auch in Zusammenarbeit mit Universitäten und anderen Forschungseinrichtungen selbst analysiert. Neben dem wissenschaftlichen Aspekt ist auf die nationalen Bedürfnisse Bedacht zu nehmen. Grunddaten für Raumplanung und Technik sind beizustellen und Serviceleistungen anzubieten. Eine weitere Aufgabe liegt im Bildungsbereich, der sich von der Universität über Trainingsveranstaltungen für internationale Institutionen bis hin zur Vermittlung von Grundwissen für die interessierte Öffentlichkeit erstreckt.

Die ZAMG hat die gestellten Aufgaben im Bereich Geophysik in den 150 Jahren ihres Bestehens hervorragend bewältigt und allein, oder in Zusammenarbeit mit dem Institut für Meteorologie und Geophysik der Universität Wien und anderen Institutionen immer wieder wissenschaftliche Glanzlichter gesetzt, die in diesem Vortrag gewürdigt werden. Sie verfügt heute über modernste Technologie und ist ein anerkannter Partner im internationalen Bereich. Im nationalen Umfeld ist die Geophysik an der ZAMG durch eine hohe Nachfrage nach ihren Produkten und Serviceleistungen fest verankert und erfreut sich einer positiven Wahrnehmung in der Bevölkerung.

GPS ATMOSPHÄRENSONDIERUNG - EIN INNOVATIVES VERFAHREN ZUR BESTIMMUNG ATMOSPHÄRISCHER PARAMETER

Ch. Reigber, G. Gendt, Ch. Marquardt, Deutschland

Das Global Positioning System (GPS) hat die Geodäsie in den letzten Jahren durch die inzwischen erreichbare sub-Millimeter-Genauigkeit bei der Bestimmung von Positionen und Geschwindigkeiten revolutioniert. Aber moderne GPS-Technologien bieten zusätzliche Perspektiven: Durch die Analyse der von Bodenstationen empfangenen GPS-Radiosignale kann die Gesamtmenge des Wasserdampfes oberhalb der GPS-Empfangsstationen abgeleitet werden. Der Einsatz von GPS-Empfängern auf niedrig fliegenden, kleinen und daher vergleichsweise billigen Satelliten ermöglicht die Messung vertikaler Profile von Temperatur, Druck und - in der Troposphäre - des Wasserdampfgehaltes. Die theoretisch erreichbaren Messgenauigkeiten sind mit denen der traditionellen meteorologischen Meßmethoden vergleichbar oder ihnen sogar überlegen.

Nach einer kurzen Einführung in die zugrundeliegende Technik, werden globale und regionale Projekte vorgestellt. Insbesondere wird dabei auf die Aktivitäten am GFZ innerhalb dieser Projekte eingegangen, wobei der Schwerpunkt auf dem Strategiefonds-Projekt GASP (GPS Atmospheric Sounding Project) liegt. Mit diesem Projekt soll in Deutschland eine Infrastruktur für die meteorologische Anwendung aufgebaut werden, und der Nutzen für die meteorologische Praxis und Forschung abgeschätzt werden. Das Strategieprojekt bündelt die Expertise von GPS-Spezialisten, Klimaexperten und Meteorologen und kombiniert die boden- und satellitengestützte Anwendung der GPS-Technologie.

Für ein dichtes, gut verteiltes Netz von GPS-Bodenstationen in Deutschland wird ein System zur operationellen, kontinuierlichen Bestimmung des atmosphärisch Wasserdampfes aufgebaut, dessen Produkte schließlich an Wetterdienste weitergeleitet werden und sowohl in der numerischen Wettervorhersage ihren Einsatz finden werden als auch zur Klimaforschung beitragen sollen.

Der unter der Federführung des GFZ entwickelte und gebaute Kleinsatellit CHAMP ist dabei zum ersten Mal eine kontinuierliche Sondierung der Erdatmosphäre mit Hilfe von GPS-Signalen zu liefern. Auch hier soll GASP von der operationellen Prozessierung der Daten über deren Verwendung in der numerischen Wettervorhersage bis hin zur Eignung der Daten in der Klimabeobachtung die Anwendbarkeit von GPS-Technologien in der Atmosphären- und Klimaforschung demonstrieren. Satellitenbasierte GPS-Okkultationsmessungen in der neutralen Atmosphäre besitzen darüber hinaus das Potential, ein drohendes Problem der Klimaforscher zu lösen: Seit Jahren nimmt die Anzahl der von nationalen Wetterdiensten im Zusammenarbeit mit der WMO durchgeführten regelmäßigen Wetterbeobachtungen kontinuierlich ab, obwohl die weltweite Erfassung klimarelevanter Daten eine hohe Priorität besitzt. Bereits ein einzelner Satellit liefert jeden Tag beinahe ebenso viele vertikale Profile wie das Radiosondennetz der WMO. Und das sogar in den Regionen, in denen es bis heute nur wenige verlässliche Daten gibt - in den Polargebieten und über den Ozeanen. Die kalibrationsfreie, globale und permanente Überwachung des troposphärischen und stratosphärischen Thermalzustandes könnte eine solide Grundlage für eine sachliche Diskussion aktueller Probleme schaffen.

INTEGRIERTE GEWITTERBEOBACHTUNG MIT POLARIMETRISCHEM DOPPLER RADAR UND DREIDIMENSIONALER INTERFEROMETRISCHER BLITZMESSUNG

Nikolai Dotzek, Hartmut Höller, Deutschland, Claire Thery, Frankreich

Im Sommer 1998 fand die Intensivmessphase des Feldexperiments EULINOX (EUropean LIghtning Nitrogen OXides Project) im süddeutschen Raum in der Nähe von München statt. Das Hauptziel dieser Kampagne war ein verbessertes quantitatives Verständnis der Stickoxiderzeugung durch Blitzentladungen in mitteleuropäischen Gewitterwolken und des Transports von NO_x innerhalb der Troposphäre. In der Intensivmessphase standen eine große Zahl unterschiedlicher Messplattformen zur Verfügung. Zu den vom Operationszentrum in Oberpfaffenhofen koordinierten Messungen gehörten u.a. auch Messflüge durch Gewitterambosse hindurch, Beobachtungen mit dem polarimetrischen Doppler Radar POLDIRAD des DLR als auch eine Verfolgung der Blitzaktivität in allen drei Raumdimensionen und mit hoher zeitlicher Auflösung.

Hierzu wurden mit Hilfe eines VHF-Interferometers die von Wolken- und Erdblitzern ausgesandten VHF-Signale aufgefangen und ihre 3D-Position rekonstruiert. Zusammen mit den gleichzeitigen Radarbeobachtungen ergab sich damit die interessante Möglichkeit, die Daten beider Geräte zu überlagern und zu einem Einblick in die dreidimensionalen Mechanismen der Blitzentstehung und Blitzfortpflanzung in Gewitterwolken zu kommen. Hilfreich sind hier die polarimetrischen Fähigkeiten des POLDIRAD, die eine Rekonstruktion wolkenmikrophysikalischer Parameter erlauben.

Der Vortrag stellt die wesentlichen Ergebnisse der EULINOX Auswertung dar, soweit sie die genannten wolkenphysikalischen Fragestellungen betreffen. Anhand des "besten" Messtages, des 21. Juli 1998, und weiterer Tage wird verdeutlicht, dass eine starke Kopplung der Blitzaktivität mit dem Graupelvolumen in der Wolke existiert. Dies war bereits durch Laborexperimente nahegelegt worden und konnte bestätigt werden. Hinweise zur Bestätigung einfacher konzeptioneller Modelle zur Gewitterstruktur (wie z.B. das Tripolmodell) fanden sich dagegen nicht oder nur in einzelnen Teilbereichen der Wolken. Verlauf und Ausdehnung insbesondere der von operationellen zweidimensionalen Blitzmeßsystemen kaum erfassten Entladungen innerhalb der Cumulonimben konnten in Europa erstmalig in dieser Form untersucht werden.

VERTIKALPROFILE DES WINDES UND SEINER HÄUFIGKEITSVERTEILUNG IN DER UNTEREN EKMAN-SCHICHT

Stefan Emeis, Deutschland

Die vermehrte Nutzung der Windenergie erfordert die Notwendigkeit einer genaueren Kenntnis der vertikalen Profile der Windgeschwindigkeit in der unteren Ekman-Schicht. Zur Bestimmung dieser Profile ist die Fernerkundung mit SODAR ein geeignetes Hilfsmittel.

10 Minutenmittelwerte von Windgeschwindigkeit und -richtung wurden mit einem MiniSODAR über 13 Monate hinweg an verschiedenen Standorten in Deutschland in nahezu ebenem Gelände und auf Hügelkuppen in den letzten drei Jahren gemessen. Der erfasste Höhenbereich liegt zwischen 25 und 140 Meter über Grund, die vertikale Auflösung beträgt dabei 5 bis 10 Meter. Aus den Daten wurden monatlich gemittelte Tagesgänge von Windgeschwindigkeit und Winddrehung mit der Höhe berechnet genauso wie monatlich gemittelte Vertikalprofile der Windgeschwindigkeit, des Skalenfaktors und des Formparameters der Weibull Windgeschwindigkeitshäufigkeitsverteilung. Die Weibull-Verteilung wird für die Abschätzung der zur Verfügung stehenden Windenergie benötigt.

Diese Vertikalprofile reichen über die Prandtl-Schicht hinaus in die Ekman-Schicht hinein. Daher müssen die Profile mit den Gesetzen der Ekman-Schicht und nicht mit denen der Prandtl-Schicht approximiert werden, wenn man sie in die Ekman-Schicht hinein extrapolieren möchte. Diese Extrapolation wird heutzutage immer wichtiger, da die Nabenhöhe projektierte Windkraftanlagen teilweise schon über 100 m liegt. Die Analyse erbrachte typische, sich unterscheidende Profile für Flachland- und für Mittelgebirgsstandorte. Auffallendstes Merkmal der Profile des Formparameters ist das Maximum, das am Oberrand der Prandtl-Schicht auftritt. Die Auswirkungen der gefundenen Vertikalprofile auf die Standortwahl und -suche für Windkraftanlagen wird diskutiert.

Der Vortrag wird die mit SODAR gemessenen Profile vorstellen, ihre Beschreibung mit Profilgesetzen der Ekman-Schicht ableiten und die Relevanz dieser Ergebnisse für die Nutzung der Windkraft diskutieren.

VALIDIERUNG EINES RADARINTERFEROMETRIE-PROFILERS UNTER VERWENDUNG EINES IN-SITU-SENSORS

Lutz Hirsch, Deutschland

Die Standardmesstechnik für Radar-Windprofiler, die Doppler-Beam-Swinging Technik (DBS), verwendet die Annahme horizontaler Homogenität des Windfeldes im zeitlichen Mittel. Diese ist üblicherweise über homogenem Gelände bei Mittelungszeiten von 10-15 Minuten erfüllt. Für Messungen in nicht homogenem Gelände oder mit höherer zeitlicher Auflösung ist daher eine andere Messmethode anzuwenden. Hierfür wird seit längerer Zeit die Radarinterferometrie erprobt. Sie verwendet Korrelationsanalysen mehrerer räumlich getrennter Empfänger bei ausschließlich senkrechter Strahlrichtung. Bisher durchgeführte Messungen zeigten ermutigende Ergebnisse, sowohl bei dem Versuch mit hoher zeitlicher Auflösung das horizontale Windfeld zu bestimmen als auch bei der Bestimmung des vertikalen Impulsflusses aus Eddie-Korrelationsanalysen mit den zeitlich bestimmten Vertikalwindfluktuationen.

Alle diese Validierungen des Verfahrens stützen sich jedoch auf Vergleiche mit langen zeitlichen Mittelwerten anderer Profiler oder auf Plausibilitätsbetrachtungen. Zur Etablierung des Verfahrens fehlte bisher der Vergleich mit einem In-Situ Sensor. Im Rahmen des LINEX2000-Experiments des Meteorologischen Observatoriums Lindenberg des Deutschen Wetterdienstes bot sich ein solcher Vergleich mit einem Ultraschall-Anemometer auf einem 99m-Mast an. Für diesen Vergleich wurde der Radar-Windprofiler des Max-Planck-Instituts für Meteorologie Hamburg (MPI) in unmittelbarer Nähe dieses Mastes betrieben.

Der Radar-Windprofiler des MPI ist mit einer Schallquelle ausgestattet und kann daher als Radar-RASS System betrieben werden. Die Verwendung von RASS Signalen zur Radarinterferometrie nutzt die deterministische Natur von RASS Signalen (im Gegensatz zu Clear-Air Signalen). Diese ist besonders für zeitlich hochaufgelöste Messungen wichtig. Ein weiterer Vorteil der Verwendung von RASS Signalen ist deren Unempfindlichkeit gegenüber Festechos, wodurch ein Betrieb in unmittelbarer Nähe eines Mastes erst möglich wird. Im September 2000 wurden für etwa vier Wochen die Vergleichsmessungen durchgeführt. Dabei wurden auch verschiedene Konfigurationen des Systems und der Signalverarbeitung erprobt.

Vergleiche sowohl von Messungen des Horizontalwindes als auch des vertikalen Impulsflusses zeigen interessante Übereinstimmungen von Radarinterferometer und In-Situ Sensor bei Mittelungszeiten für die Radarmessungen von 1 Minute und kürzer. Die Diskussion dieser Vergleiche und die damit mögliche Validierung des Radar-Interferometers bilden den Schwerpunkt der Darstellung. Aufgrund der Vergleichsmöglichkeiten können auch die Grenzen dieser Messmethode aufgezeigt werden. Ebenfalls wird auf die Auswirkungen der verschiedenen Systemkonfigurationen eingegangen.

Basierend auf dieser Validierung sollen die Vor- und Nachteile eines Radar-Interferometers im Vergleich mit anderen Profiler Techniken betrachtet und sinnvolle Einsatzgebiete dieser Technik ermittelt werden.

**STRATOSPHEREN-OZONPROFILE AUS 70°N VON 1994-2001:
MITTELWERTE UND VARIANZ IM JAHRESLAUF UND MIT DER HÖHE**

Ulf-Peter Hoppe, Norwegen

Als Teil des ALOMAR (Arctic Lidar Observatory for Middle Atmosphere Research) ist das Ozonlidar seit Anfang 1994 in Betrieb. ALOMAR liegt bei 69,5° nördlicher Breite auf der Vesterålen-Insel Andøya in Nordnorwegen. Das Observatorium liegt in etwa 380 m Höhe, 2 km Luftlinie von der Andøya Rocket Range. Zu ALOMAR gehören ein Rayleigh-Mie-Raman Lidar (IAP Kühlungsborn), das im Höhenbereich 30-80km Dichte, Temperatur, Wind und Aerosolteilchen misst, ein Na Lidar (Colorado State University) misst die Na-Dichte, sowie Temperatur und Wind in 80-115 km. Das ALOMAR Ozonlidar ist ein Differential Absorption Lidar (DIAL), das 308 nm als absorbierte Wellenlänge benutzt, und 353 nm als Referenzwellenlänge. Bei Dunkelheit werden bei jeweils einer Stunde Integrationszeit Ozonprofile von etwa 8 km bis etwa 40 km gemessen. Die Höhenauflösung liegt zwischen 300 m bei 8 km und 1 km bei 40 km. In niedrigerer Höhe, z.B. 8-20 km, können Ozonprofile mit wesentlich größerer Zeitauflösung, etwa 10 Minuten, bestimmt werden. Seit 1995 konnten sporadisch auch Ozonprofile bei Tageslicht gemessen werden. ALOMAR liegt nördlich des Polarkreises, und die Sonne geht von Ende Mai bis Anfang August nicht unter. Die Tageslichtfähigkeit wurde kontinuierlich verbessert. Es wird erwartet, dass das Lidar im Sommer 2001 die volle Tageslichtfähigkeit erreicht.

ALOMAR liegt im Mittel unter der südlichen Kante des Polarwirbels in der Stratosphäre im Winter. Durch die Bewegungen des Wirbels werden daher Ozonprofile abwechselnd innerhalb und außerhalb des Wirbels gemessen. Das gibt uns die Möglichkeit, zur Erforschung der Transportprozesse durch die Wirbelwand beizutragen.

Dieser Beitrag zeigt Ozonprofile aus den 7 ½ Jahren der Messungen, Mittelwerte und Varianz im Jahresgang, sowie eine obere Grenze für mögliche Trends.

UHF WINDPROFILER IM DWD: ERGEBNISSE AUS 5 JAHREN ERPROBUNG UND ZUKÜNFTIGER OPERATIONELLER EINSATZ

Volker Lehmann, Koautoren, Deutschland

Die rasante Entwicklung auf dem Gebiet der Rechentechnik hat in den letzten Jahren eine deutliche Erhöhung der räumlichen Auflösung der numerischen Wettervorhersagemodelle erlaubt. Dieses Faktum stellt neue Anforderungen an die Assimilation der Anfangsdaten und natürlich auch an das operationelle Messnetz, das Messungen mit bisher nicht erreichter Auflösung und Kontinuität zur Verfügung stellen muss. Gleichzeitig steigt der Rationalisierungsdruck in der Gewinnung meteorologischer Daten, speziell bei den personell aufwendigen Radiosondierungen, deren Profildaten nach wie vor das Rückgrat der operationellen NWV¹ bilden. Als teilweiser Ausweg aus diesem Dilemma bieten sich indirekte aerologische Messverfahren an, die den Vorteil eines automatischen Betriebes aufweisen.

Von den bodengebundenen, indirekt arbeitenden Meßsystemen haben neben den klassischen Wetterradarsystemen mittlerweile auch UHF/VHF²-Radargeräte einen technischen Stand erreicht, der einen operationellen Einsatz in Wetterdiensten erlaubt. Diese üblicherweise als Radarwindprofiler bezeichneten Systeme bieten die Möglichkeit der Bestimmung von Vertikalprofilen des Horizontalwindes und (beim Einsatz einer zusätzlichen RASS³-Komponente) von Profilen der virtuellen Temperatur bei hoher zeitlicher ($\Delta t \sim 30$ Minuten) und vertikaler ($\Delta z \sim 250 \dots 500$ m) Auflösung. Im Gegensatz zu Wetterradarsystemen können Windprofilermessungen auch bei Abwesenheit von Niederschlags- und Wolkenpartikeln durchgeführt werden („clear air radars“).

Am Meteorologischen Observatorium Lindenberg (MOL) des DWD befindet sich seit Herbst 1993 ein 1,29 GHz Grenzschichtwindprofiler und seit Sommer 1996 ein 482 MHz Troposphärenwindprofiler im quasi-operationellen Erprobungsbetrieb. Langjährige Vergleiche mit den Windmessungen der Lindenerger Radiosonde und erste Test mit modernen NWV Assimilationsverfahren (4DVAR⁴) haben die hohe Qualität der Profilerdaten gezeigt. Gleichfalls positiv ist die Bewertung der Datenqualität durch die im synoptischen Vorhersagedienst arbeitenden Meteorologen und Flugwetterberater. Daneben wurden natürlich auch einige Schwächen in der Technik und der Signalverarbeitung identifiziert, die Anlass zu Verbesserungen der Geräte gaben bzw. an deren Verbesserung momentan gearbeitet wird. Im Vortrag werden die wichtigsten Ergebnisse und aktuelle Arbeitsschwerpunkte vorgestellt.

Basierend auf der erfolgreichen Erprobung plant der DWD mittlerweile im Rahmen des Projektes „Messnetz 2000“ die Installation von drei weiteren 482 MHz Windprofiler/RASS Systemen in Deutschland zur Ergänzung des klassischen aerologischen Messnetzes. Zum Schluss des Vortrages wird auf den aktuellen Planungsstand dieses Vorhabens eingegangen.

¹ Numerische Wettervorhersage

² Ultra High Frequency / Very High Frequency

³ Radioakustisches Sondierungssystem

⁴ vierdimensionale Variationsanalyse

BODENGEBUNDENE FERNERKUNDUNG DER TEMPERATUR UND FEUCHTE IN DER ATMOSPHERISCHEN GRENZSCHICHT MIT DEM INTERFEROMETER OASIS

Jürgen Schlicht, Heinz-Dieter Hollweg, Stephan Bakan, Deutschland

Aus bodengebundenen spektroskopischen Messungen der thermischen Infrarotstrahlung der Atmosphäre lassen sich mit Retrievalverfahren Temperatur- und Konzentrationsprofile in der unteren Troposphäre ableiten. Dazu müssen die spektralen Strahldichten mit genügend hoher Auflösung und Präzision gemessen werden. Das am MPI für Meteorologie verfügbare Meßsystem OASIS (Ocean and Atmospheric Sounding Interferometric System), das im Kern aus einem BOMEM MR 154 Doppelpendel-Interferometer besteht, liefert spektrale Strahldichten im thermischen und solaren Infrarot (von 650 cm^{-1} bis 15000 cm^{-1}) mit einem Kanalabstand von 0.5 cm^{-1} und einer Auflösung von 1 cm^{-1} . Zur Eichung im Infraroten bei zwei Temperaturen wurden Schwarzkörper mit hoher Emissivität entwickelt.

Das Temperatur- und Feuchteprofil wird aus der spektralen Zenitstrahldichte bei wolkenfreier Atmosphäre im Spektralbereich 690 cm^{-1} bis 900 cm^{-1} abgeleitet. Erste Erfahrungen wurden mit einem Retrieval-Verfahren gewonnen, bei dem die Strahlungsübertragung mit Hilfe einer linearen Regression über ein Ensemble von atmosphärischen Zuständen und zugehörigen Strahldichten aus Modellrechnungen linear um einen Referenzzustand beschrieben wird. Die Umkehr erfolgt mit einer optimalen linearen Methode. Damit ist es möglich Vertikalprofile bis in die Höhe von 1000 m über Grund mit einer Genauigkeit von etwa 1 K in der Temperatur und 1 g/m^3 im Wasserdampfgehalt abzuleiten.

Damit konnten wir Prozesse in der Grenzschicht wie z.B. die Auflösung einer Nachtinversion bei Sonnenaufgang oder die Ausbildung einer überadiabatischen Schicht während eines Sommertages sichtbar machen. Ebenso wird der Wasserdampfsäulengehalt konsistent zu Radiosonden- oder Mikrowellenradiometermessungen wiedergegeben.

Wegen des grundsätzlich nichtlinearen Charakters der Strahlungseigenschaften von Wasserdampf erwarten wir Verbesserungen nur aus einem nichtlinearen Retrievalverfahren. Dazu wird der Kern der integralen Strahlungsübertragungsgleichung nach Variationen der Wasserdampfkonzentrationen entwickelt. Die Umkehr erfolgt iterativ mit dem Ansatz, die wahrscheinlichste Lösung zu finden (Inverse Hessian Method). Erste ermutigende Ergebnisse werden vorgestellt.

Da sich der Informationsgehalt der spektralen Strahldichten am Boden im wesentlichen auf die untere Troposphäre beschränkt, könnte dieses passive Fernerkundungssystem eine wertvolle Ergänzung der Wasserdampf-Profilmessungen von Lidarsystemen darstellen, die erst oberhalb einer Minimalhöhe von einigen hundert Metern zuverlässige Ergebnisse liefern. Erste Beispiele für die so mögliche Synergie sollen gezeigt werden.

DIGITALE PHOTOGRAMMETRIE IN DER 3D-WOLKENMESSUNG

Gabriela Seiz, Armin Gruen, Schweiz

Seit mehr als hundert Jahren werden mit photogrammetrischen Methoden makroskopische Wolkenparameter, dh Bewölkungsgrad, Wolkenhöhe und -geschwindigkeit (Basis und Obergrenze) gemessen. Dank der Entwicklung der Digitalkameras, den Fortschritten in den automatischen Auswertungsverfahren der digitalen Photogrammetrie und durch die rasanten Entwicklungen im Bereich der Digitalkameras in den letzten Jahren sind Echtzeit-Kamerasysteme konkurrenzfähig geworden zu anderen Messinstrumenten wie Wolkenradar oder Lidar, und können diese auch in integrierten Beobachtungssystemen ergänzen. Damit steht das Thema von Wolkenkamera-Netzwerken im Rahmen der Wetterdienste wieder zur Diskussion und zeigt so eine Alternative zu den oft subjektiven und zeitlich spärlichen Augenbeobachtungen.

Im folgenden beschreiben wir das von uns entwickelte bodengestützte Kamerasystem, bestehend aus zwei (oder drei) kommerziell erhältlichen digitalen CCD Kameras mit Weitwinkel-Objektiven. Das System kann benutzt werden, um die Wolkenbedeckung, die Wolkenbasis-Höhe und -Geschwindigkeit (jeder sichtbaren Wolkenschicht) zu bestimmen. Dabei werden moderne Methoden der digitalen Photogrammetrie verwendet. Dazu gehört die genaue Ermittlung der inneren und äußeren Orientierung der Kameras, die in unserem Fall mit einem Nahbereichsphotogrammetrie-Testfeld, Sternen und Flugzeugen (ausgestattet mit DGPS) durchgeführt wurde. Die Matching-Verfahren zum Finden von korrespondierenden Punkten in den Stereobildern wurden erweitert, um mit den speziellen Eigenschaften von Wolken wie schwache Textur, schlecht definierte Kanten, Semi-Transparenz, etc. umgehen zu können. Als Ergänzung werden auch Kanten an Wolkenrändern und an Diskontinuitäten innerhalb von Wolkengebieten extrahiert, um die Wolkenobjekte noch besser zu modellieren.

Die Wolkenmessung mittels Photogrammetrie beschränkt sich heute nicht mehr nur auf Boden- und Flugzeugaufnahmen. Vermehrt werden auf Erderkundungssatelliten (ERS-2, EOS-Terra) mehrere Kameras eingesetzt, um Stereobilder von der Wolkenobergrenze zu erhalten. Dabei ist auch hier der Trend von Zwei- zu Multi-Kamera-Systemen zu erkennen. Wir zeigen zum Schluss Resultate der Anwendung unserer Verfahren auf die Stereo-Wolkenbilder von ASTER (15m räumliche Auflösung, 2 Kameras), MISR (275m, 9 Kameras) und ATSR2 (1km, 2 Kameras), und deren Vergleich mit simultanen Bodenmessungen mit unserem neuen Kamerasystem. Damit wurde bestätigt, dass sich das Bodensystem zur Validierung von Wolkenobergrenzen-Höhen (abgeleitet aus Satelliten-Stereobildern) von vertikal dünnen Wolken eignet; zusätzlich sind aber in den Bodenaufnahmen auch kleinskalige Wolkensysteme zu erkennen, was besonders für ein genaues Nowcasting in Gebieten mit viel Topographie von entscheidender Bedeutung sein kann.

ABLEITUNG VON WOLKEN- UND NIEDERSCHLAGSWASSER MIT BODENGEBUNDENER MIKROWELLENRADIOMETRIE

A. Thiele, A. Hornbostel, C. Simmer, Deutschland, H. Czekala, USA

Nach wie vor gibt es viele offene Fragen bezüglich des Lebenszyklus von Wolken. Man weiß nicht genau, innerhalb welcher Zeit sich in den verschiedenen Wolkentypen große Tropfen, die Regentropfen, bilden. Davon hängt es ab, ob und wann eine Wolke zu regnen beginnt. Mikrowellenradiometer bieten neue Möglichkeiten, Wolken zeitlich hochaufgelöst zu beobachten. Mit bisherigen Meßsystemen kann nur der integrierte Flüssigwasserpfad (LWP) bestimmt werden. Quantitative Aussagen über den Anteil der verschiedenen Hydrometeorklassen sind generell nicht möglich.

Zunächst wird ein Verfahren vorgestellt, mit dem man die Aufteilung des LWP in Wolkenwasser und Niederschlagswasser auf der Basis der Polarisationsdifferenz (PD) erreichen kann. Czekala et al.(2000) haben mit Strahlungstransport-Modellierungen im Mikrowellenbereich gezeigt, dass ein solches Retrieval bei vereinfachten Atmosphärenzuständen und unter Berücksichtigung von parametrisierten Tropfenspektren möglich ist. Genutzt wird dabei die Tatsache, dass die PD, die man als Differenz aus vertikal und horizontal polarisierter Strahlungstemperatur definiert, in abwärtiger Strahlrichtung für abgeplattete Hydrometeore negativ, für kugelförmige aber positiv ist. Regentropfen unterscheiden sich von den kleinen Wolkentropfen dadurch, dass sie nicht mehr kugelförmig sondern abgeplattet sind. Damit ist es möglich, die negative PD bei Messungen der abwärtigen Strahlrichtung, also bei bodengebundenen Messungen, als eindeutigen Hinweis auf Regentropfen zu nutzen. Dieser Polarisierungseffekt der abgeplatteten Teilchen konnte durch Messungen nachgewiesen werden.

Entscheidend für die praktische Anwendung der Ergebnisse von Czekala ist die Frage, ob ein solches Retrieval auch bei realistischen Atmosphärensituationen und Tropfenspektren möglich ist. Um dies zu untersuchen wurden Atmosphärenprofile aus Radiosonden (Station Essen, fünf Jahre) genutzt, indem mit einem Wolkenmodell die Wolken und diskreten Tropfenspektren zu diesen Atmosphärensituationen modelliert wurden. Mit diesen realistischen Eingangsdaten sind Strahlungstransport-Modellierungen bei der Frequenz 19.35 GHz durchgeführt worden. Dabei hat sich gezeigt, dass Strahlungstemperaturen und Polarisationsdifferenzen, also die Messgrößen eines Mikrowellenradiometers, nicht ausreichen, um das obige Retrieval durchzuführen. Vielmehr müssen zusätzliche Informationen wie beispielsweise die Bodentemperatur genutzt werden, damit ein solches Retrieval möglich wird. Es wird ein einfacher multivariater Regressionsansatz vorgestellt, mit dem die Frage nach der Auswahl der zusätzlichen Informationen, die für ein praxistaugliches Retrieval benötigt werden, beantwortet werden kann.

Zitierte Literatur:

Czekala, H., S. Crewell, C. Simmer and A. Thiele, Discrimination of cloud and rain liquid water path by ground based polarized microwave radiometry, *Geophysical Research Letters*, 28, 267-270, 2001.

EIN MESS- UND ANALYSESYSTEM FÜR DIE UNTERSUCHUNG DER BODENNAHEN ATMOSPHÄRE: DAS FERNERKUNDUNGSVERFAHREN „AKUSTISCHE TOMOGRAPHIE“

Astrid Ziemann, Klaus Arnold, Armin Raabe, Deutschland

Die hohe räumliche Variabilität von Landoberflächenprozessen ist der zeitlichen überlagert und für mitteleuropäische Landschaften charakteristisch. Inwieweit die heterogenen bzw. inhomogenen Oberflächeneigenschaften in den beobachteten Parametern des Energietransports festgestellt werden können, ist eine aktuelle Fragestellung in der Meteorologie.

Ein neuer Weg, die gesuchten meteorologischen Größen in der benötigten räumlichen und zeitlichen Auflösung direkt zu erhalten, ist die Anwendung tomographischer Methoden im Bereich der Atmosphäre.

Im Gegensatz zu Vertikalsondierungen, wie sie z.B. mit einem SODAR, RADAR oder RASS durchgeführt werden, liefert eine akustische Laufzeittomographie einen horizontalen Schnitt durch eine bodennahe Atmosphärenschicht. Die Laufzeitmessungen repräsentieren einen Linien-Mittelwert mit einer horizontalen Ausdehnung entsprechend der Entfernung zwischen den Sendern und Empfängern und gegebenenfalls einem geringen vertikalen Ausmaß entsprechend der unterschiedlichen Höhe der Sensoren. Ein Vorteil der tomographischen Methode gegenüber anderen horizontalen Fernerkundungsverfahren (z.B. Scintillometer) ist die direkte Ableitung von Flächen- oder Volumenmittelwerten für Temperatur und Windgeschwindigkeit aus den gemessenen Linienintegralen durch eine tomographische Invertierung aller Einzelmessungen.

Die für den tomographischen Invertierungsalgorithmus benötigten Eingangsdaten resultieren aus der Wechselwirkung von Schallwellen mit der durchstrahlten Luftschicht. Der Algorithmus führt dann zu horizontalen Schnittbildern, in denen u.a. Inhomogenitäten der Oberfläche dargestellt werden. Solche Inhomogenitäten rufen beachtliche Probleme während der Analyse von Messkampagnen mit konventionellen Methoden hervor.

Das Meßsystem sowie der Auswertungsalgorithmus wurden in den vergangenen Jahren bei mehreren Feldexperimenten eingesetzt. Verschiedene Messkampagnen wurden u.a. auf dem Messfeld Melpitz des Institutes für Troposphärenforschung Leipzig und auf dem „Gemeinsamen Messfeld“ des Meteorologischen Observatoriums Lindenberg (Deutscher Wetterdienst) durchgeführt. Diese Untersuchungen haben gezeigt, dass mit dem Verfahren der akustischen Tomographie meteorologische Größen, wie die Lufttemperatur oder die Windgeschwindigkeit, mit einer Genauigkeit bestimmt werden können, die mindestens der anderer Fernerkundungsverfahren entspricht (Temperatur um $\pm 0,5$ K und horizontale Windgeschwindigkeit um $0,5 \text{ ms}^{-1}$).

Die akustische Laufzeittomographie bietet damit die Möglichkeit, eine natürliche Oberfläche mit einer horizontalen Ausdehnung von derzeit ca. $350 \times 350 \text{ m}^2$ in einer horizontalen Auflösung von einigen Dekametern hinsichtlich des Heterogenitätsgrades zu charakterisieren und damit Aussagen zum Einsatz konventioneller Flussberechnungsmethoden zu liefern.

MINI-SODAR – MESSUNG VON HOCHAUFGELOSENDEN TURBULENZPROFILIEN IN DER BODENNAHEN GRENZSCHICHT

Erich Mursch-Radlgruber, Österreich

Akustische Fernerkundung kann hochaufgelöste Profile (5-10m Vertikalauflösung) mittlerer und turbulenter Größen in der bodennahen Luftschicht bis 200m über Grund liefern. Dies ist besonders interessant als Ergänzung zu anderen bodengestützten Fernerkundungsmethoden insbesondere Profiler. Anhand von Beispielen werden die Möglichkeiten und Grenzen dieser Technologie für konkreten meteorologische Fragestellungen diskutiert. Vergleiche mit konventionellen gemessenen Turbulenzgrößen auf Basis von Sonic oder Propeller Anemometer zeigen die Möglichkeiten. Durch die schnelle Messung individueller Profile (Messintervall im Bereich von einer Sekunde) kann man die wesentlichen turbulenten Anteile der bodennahen Grenzschicht erfassen. Besonders interessant ist dabei die bistatische Methode, da man damit gleichzeitig alle turbulenten Komponenten erfassen kann. Die Mögliche Integration in ein bodengestütztes integriertes Profiling System wird diskutiert.

AKUSTISCHE TOMOGRAPHIE IM VERGLEICH ZU KONVENTIONELLEN IN-SITU MESSUNGEN

K. Arnold, A. Ziemann, A. Raabe, Deutschland

Räumlich gemittelte Daten werden gewöhnlich durch Punktmessungen und einen sich daran anschließenden Interpolationsalgorithmus gebildet. Ein relativ neuer Weg, um Flächenmittel meteorologischer Größen im unteren Teil der Bodenschicht direkt zu erhalten, ist die Anwendung tomographischer Methoden auf die Atmosphäre. Hier wird die Akustische Laufzeit tomographie als ein experimentelles Verfahren zur Sondierung meteorologischer Parameter, wie z.B. der Lufttemperatur und der horizontalen Windgeschwindigkeit, vorgestellt und mit konventionellen Punktmessungen verglichen.

Dieses bodengebundene Fernerkundungsverfahren nutzt die horizontale Ausbreitung von Schallwellen in der atmosphärischen Grenzschicht. Als Eingangswerte für eine akustische Laufzeit tomographie werden experimentell bestimmte Laufzeiten der Schallausbreitung zwischen einer Reihe von Sendern und Empfängern genutzt. Ausgehend von den Schallquellen erfolgt die Ausbreitung der Schallwellen je nach den Eigenschaften des Mediums Atmosphäre mit unterschiedlicher Geschwindigkeit, so dass die ausgesendeten Schallwellen als Träger von Informationen ein Abbild der Eigenschaften des durchquerten Mediums liefern. Die Ableitung flächengemittelter Werte für die effektive Schallgeschwindigkeit und anschließend für die jeweilige meteorologische Größe resultiert aus der Inversion der Laufzeitwerte für alle möglichen Schallwege.

Es wurden mehrere Feldexperimente durchgeführt bei denen die Ergebnisse der tomographischen Sondierungen mit denen konventioneller Messungen verglichen wurden. Die Auswertungen zeigen einerseits, dass die Genauigkeit der Akustischen Tomographie als ein Fernerkundungsverfahren vergleichbar mit den konventioneller in-situ Messungen ist. Andererseits treten bei der Bestimmung der Lufttemperatur zum Teil erhebliche Unterschiede auf, die jedoch nicht auf die akustischen Messungen zurückzuführen sind. Die hauptsächliche Ursache für die beobachteten Abweichungen – neben den unterschiedlichen Messbereichen – ist der Einfluss der direkten Sonnenstrahlung. Bei Messungen mit den üblichen Sensoren, auch in ventilerten Hütten, treten zum Teil erhebliche Fehler bei der Temperaturmessung auf. Hingegen zeigt sich, dass die Windrichtung und -geschwindigkeit von allen hier verglichenen Verfahren in analoger Weise bestimmt wird.

VERFÜGBARKEIT UND QUALITÄT VON SODAR WINDMESSUNGEN - ERFAHRUNGEN AUS MEHR ALS VIER JAHREN KONTINUIERLICHEM EINSATZ

Kathrin Baumann, Martin Piringer, Österreich

Im Rahmen der österreichischen Krisenfallvorsorge wurde 1996 am Truppenübungsplatz Allentsteig in der Nähe der Österreichischen Nordgrenze ein Sodar ("sound detection and ranging", Akustikradar) des Typs PA2 ("phased array") der Firma Remtech installiert. Die Windmessungen dieses Geräts bieten laufende Information über die Vertikalstruktur des Windes in der Grenzschicht und werden an der ZAMG in die Berechnungen des diagnostischen Windfeldmodells TAMOS-W eingebunden, welches als Grundlage zur Berechnung kleinräumiger Trajektorien dient.

Das Sodar liefert Vertikalprofile des dreidimensionalen Windvektors, der Echointensität sowie der Geschwindigkeitsfluktuationen. Eine statistische Auswertung dieser Größen für die Jahre 1997 und 1998 hat ergeben, dass die Datenverfügbarkeit an diesem Standort in 100 bis 250m über Grund im Winterhalbjahr über 90%, im Sommerhalbjahr über 95% beträgt. Darüber sinkt die Datenverfügbarkeit kontinuierlich. 50% gültige Daten werden im Sommer in 800 m über Grund, im Winter in 600 m über Grund erfasst. Eine Beeinträchtigung der Datenausbeute und Datenqualität ist meist durch Hintergrundlärm (beispielsweise durch Verkehr, heftigen Regen oder starken, böigen Wind) erklärbar. Auf dem Gerät liegender Schnee oder Vereisung der Schalltrichter führen im Winter zeitweise zu einer geringeren Reichweite oder komplettem Ausfall der Messungen. Die vertikale Reichweite der Sodarprofile betrug 1997 im jährlichen Mittel 679 m mit 235 m Standardabweichung, 1998 697 m mit 236 m.

Die Verfügbarkeit der Sodardaten ist tageszeitabhängig, wie die Statistiken zeigen. Beim Übergang von der nächtlichen, stabilen Grenzschicht zu konvektiven Verhältnissen am Tag stellt sich häufig eine neutrale Schichtung ein, welche zu einem Minimum der Datenverfügbarkeit um 7 UTC im Sommer und um etwa 10 UTC im Winter führt. Beim Zusammenbruch der konvektiven Grenzschicht am Abend wurde in einzelnen Fällen ein ähnlicher Effekt beobachtet, welcher im Mittel jedoch nicht so deutlich zum Tragen kommt.

Die aktuellen Messungen des Sodars in Allentsteig sind laufend auf der Homepage der COST Initiative CWINDE ("COST wind initiative for a network demonstration in Europe")

<http://www.meto.gov.uk/sec5/CWINDED/cwinde99/cwindemape.html> zu sehen.

Es werden in Ergänzung zu den genannten Ergebnissen statistische Auswertungen der Jahre 1999 und 2000, sowie Erfahrungen aus dem Einsatz des Gerätes in Vorarlberg während des MAP Feldexperiments präsentiert.

EINSATZ DES TWP 482 MHZ ZUR DETEKTION VON KURZPERIODISCHEN SCHWEREWELLEN

Tim Böhme, Ulli Finke, Thomas Hauf, Deutschland

Vertikal sondierende Fernerkundungssysteme wie Windprofiler können über sie hinwegziehende Strukturen nur im Zeitbereich analysieren. Aussagen zur räumlichen Analyse sind nur mit Hilfe der Taylor-Hypothese und bei bekannter Ausbreitungsgeschwindigkeit möglich. Diese Einschränkung kann gegebenenfalls durch Kombination mit einem bodengebundenen Messnetz aufgehoben werden. In diesem Beitrag wird ein Projekt vorgestellt, in dem Windprofiler durch ein hochauflösendes Bodendruckmessnetz ergänzt werden. Am Standort des Meteorologischen Observatoriums des Deutschen Wetterdienstes in Lindenberg werden dazu in Messkampagnen Parallelmessungen (Wind-, Temperatur- und Bodendruckmessungen) durchgeführt. Drucksignaturen aus Bodendruckmessungen im bayerischen Voralpenland in den neunziger Jahren zeigen neben monochromatischen Schwerewellen, solitäre Wellen, Fronten, Turbulenz und bisher noch nicht weiter erforschte permanent vorhandene Drucksignaturen, sogenannte Basisdruckschwankungen. Mit Hilfe der vom Bodenmessnetz - fünf Mikrobarographen auf fünf Quadratkilometer verteilt - und vom Troposphärenwindprofiler - Messungen im Höhenbereich zwischen 500 m und 8000 m - gelieferten Daten sowie weiterer Messdaten der "Lindenberger Säule" (Radiosonde, Grenzschichtwindprofiler, SODAR etc.) werden die einzelnen Phänomene erforscht und ihre Ausbreitung in der Horizontalen als auch in der Vertikalen untersucht. Hierzu werden insbesondere die atmosphärischen Schichtungsstrukturen (Untersuchung der Messdaten hinsichtlich der Existenz von Wellenleitern) erkundet werden. Die Messdaten werden u.a. mittels einer Wavelet-Analyse und linearen Modellrechnungen ausgewertet und interpretiert.

NEUKONZEPTION DER MESSSYSTEME VON METEOSCHWEIZ

Rudolf Doessegger, Schweiz

Das Mess- bzw. Beobachtungssystem von MeteoSchweiz besteht heute aus einem zum Teil mehr oder weniger historisch gewachsenen Konglomerat von

- 3 Radarstationen,
- 1 Atmosphärensondierungs-Station in Payerne
- 72 bald dreißigjährigen automatischen Haupt-Bodenstationen (ANETZ),
- 44 ergänzenden automatischen Boden-Nebenstationen (ENET),
- 24 konventionellen manuellen Klima-Stationen,
- ungefähr 350 konventionellen Niederschlagsstationen und
- ca. 70 Jahrestotalisatoren für Niederschlag.

Während der letzten Jahre haben die unterschiedlichsten Datenbenutzer immer wieder zusätzliche Bedürfnisse für meteorologische Daten angemeldet. Leider erlaubt es die finanzielle Beschränkung der staatlichen MeteoSchweiz nicht, diese Bedürfnisse einfach durch Erweiterungen und/oder Ergänzungen der Netze zu befriedigen. Es wurde daher nötig, das bisherige Konglomerat von Netzen und Messsystemen zu überprüfen und eine neue konzeptionelle Lösung zu suchen. Insbesondere sollen dabei - erstmals in der Schweiz - alle Messsysteme in allen Dimensionen integral betrachtet werden.

In einem ersten Schritt wurde versucht, die zukünftigen Anforderungen durch Umfragen bei den wichtigsten Benutzern zu erfragen. So wurden während des Jahres 2000 mehr als 30 Datenbenutzer interviewt (Regierungs- und Verwaltungsstellen, Hochschulen, private Meteoagenturen, Umweltingenieure sowie Planer). Die Hauptresultate dieser Befragung sind:

- die manuellen klimatologischen Stationen sollen automatisiert werden,
- die unterschiedlichen Bodennetze sollen für die Benutzer vereinheitlicht werden,
- ein Netz mit Kameras wird gewünscht,
- der Einsatz von Windprofilern soll geprüft werden,
- meteorologische Messungen anderer Verwaltungsstellen sollten integriert werden
- die Qualität der Messungen und Beobachtungen soll den Bedürfnissen der Kunden angepasst sein.

Die Konsequenzen in Form eines integralen Messkonzeptes für die nächsten Jahre werden bis Ende 2001 erarbeitet. Momentan ist geplant, bei den Bodenwetterstationen zukünftig folgende vier Typen von Wetterstationen zu unterscheiden:

Typ V (volle Version: misst alle wichtigen automatisch messbaren meteorologischen Parameter)

Typ S (schmale Version: misst eine Auswahl der allerwichtigsten automatisch messbaren Parameter)

Typ O (Augenbeobachtung mit IT-unterstützter Eingabe und Übermittlung)

Typ C (Kamerastation)

Die vier Typen sollen unabhängig voneinander betrieben werden, doch können die Typen O und C mit den Typen V oder S örtlich kombiniert werden.

Obwohl geplant ist, die Stationszahl nicht wesentlich zu verändern, ist die Konzeptgruppe momentan daran, die heutigen Standorte zu überprüfen und die zukünftige Belegung zu definieren. Im Verlaufe des Frühlings 2001 soll auch die dritte Dimension (Radiosondierungs-Stationen, Profiler, Radar) bearbeitet werden.

BODENGEBUNDENE FERNERKUNDUNG VON WOLKENEIGENSCHAFTEN MIT HILFE MULTISPEKTRALER FTIR-MESSUNGEN

Martin Dreyer, Stephan Bakan, Deutschland

Es werden erste Ergebnisse bezüglich Wolkenerkennung und -klassifizierung sowie der Ableitung von Wolkeneigenschaften aus multispektralen FTIR-Messungen mit dem bodengebundenen, passiven Interferometersystem OASIS (Ocean-Atmosphere Sensing Interferometer System) vorgestellt. OASIS erfasst lückenlos den Spektralbereich vom thermischen bis zum nahen Infrarot von 600 bis 15000 $1/\text{cm}$ mit einer maximalen spektralen Auflösung von 1 $1/\text{cm}$. Dadurch kann die abwärts gerichtete Strahlung sowohl der thermischen Emission (<3000 $1/\text{cm}$) als auch die der gestreuten Solarstrahlung (>3000 $1/\text{cm}$) in Mikrofensern mit hinreichend hoher Transmissivität zur Ableitung von Wolkeneigenschaften genutzt werden, wobei die Kombination der beiden Spektralbereiche mehr Informationen enthält als jeder einzelne der Bereiche.

Datenbasis für die Untersuchung sind Messungen im März 1999, die im Wesentlichen zu Voruntersuchen und zur Bestimmung des optimalen Setups dienten, sowie zwei je zweiwöchige Messkampagnen (CLIWA-Net/Post-Artist und CLARE2000) im August bzw. November 2000. Dabei konnten bei unterschiedlichen Wetterlagen Spektren von verschiedensten Wolkentypen erfasst werden. Zum Vergleich stehen jeweils Messungen von 95GHz-Wolkenradar, LIDAR/Ceilometer und verschiedenen Radiometern zur Verfügung, für die letzten Kampagnen zum Teil auch flugzeuggestützte in-situ-Messungen der Wolkeneigenschaften, wodurch wertvolle Aufschlüsse über den vertikalen Aufbau und die Mikrophysik der beobachteten Wolken gewonnen werden können.

Die hochaufgelösten spektralen Informationen werden auf 23 Mikrokanäle im thermischen und 24 im nahen Infrarot reduziert. Zur Wolkendetektion werden Informationen aus dem Spektralbereich um 2600 $1/\text{cm}$ herangezogen. Mit Hilfe der Clusteranalyse können die spektralen Wolkeneigenschaften unterschieden und klassifiziert werden. Die hohe Auflösung und sorgfältige Kalibrierung des Systems lässt auch eine ausreichend genaue Abschätzung der mikrophysikalischen Wolkeneigenschaften erwarten.

COMPOSITE PROFILING – KOMBINATION VON WIND-, TEMPERATUR- UND FEUCHTEPROFILIEN VERSCHIEDENER MESSSYSTEME ZUR NUTZUNG IN DER NUMERISCHEN MODELLIERUNG

Ulrich Görzdorf, Koautoren, Deutschland

Numerische Modelle benötigen als Antrieb bzw. zur Validierung Vertikalprofile von Wind, Temperatur und Feuchte in einem den Modellflächen angepassten vertikalen Bereich und einer möglichst hohen zeitlichen Auflösung. Profilmessungen eines einzelnen Systems genügen jedoch in den seltensten Fällen weder in ihrer zeitlichen Auflösung (z.B. Radiosonden) noch in ihrem vertikalen Messbereich den Modellanforderungen. Im DWD wurde im Rahmen des Projektes LITFASS ein LES-Modell mit einer horizontalen Gitterweite von 98,5 m zur Bestimmung flächenrepräsentativer mittlerer und turbulenter Parameter in einem 10 x 10 km² großen Gebiet mit heterogener Oberflächenstruktur entwickelt. Der meteorologische Antrieb des Modells an den oberen und seitlichen Rändern wird durch stündliche Profile von Wind, Temperatur und Feuchte in einem vertikalen Bereich zwischen der Oberfläche und 3 km Höhe realisiert.

Das Meteorologische Observatorium Lindenberg betreibt operationell verschiedene direkt und indirekt messende Systeme zur kontinuierlichen Erfassung der Vertikalstruktur von Wind, Temperatur und Feuchte. Keines dieser Systeme ist jedoch in der Lage, einen oder gar alle drei der genannten Parameter in der vom Modell geforderten zeitlichen und räumlichen Skala bereitzustellen.

Aus diesem Grunde wurde ein Algorithmus entwickelt, der aus den Profilmessungen verschiedener Systeme zusammengesetzte Wind-, Temperatur- und Feuchteprofile, sogenannte „Composite Profiles“, erstellt. Beim Wind und bei der Temperatur geschieht dies auf der Grundlage von Messungen an einem 99m Mast, von Radiosondierungen, Windprofiler/RASS- und Sodar/RASS-Messungen. Bei der Feuchte waren Vertikalprofile regelmäßig nur durch 6-stündige Radiosondierungen verfügbar, weshalb zusätzliche Informationen des mit einem Mikrowellenradiometer sowie einem Sonnen- und Sternphotometer gemessenen Gesamtwasserdampfgehaltes berücksichtigt wurden.

An Beispielen wird gezeigt, dass „Composite Profiles“ Strukturen in der Grenzschicht reflektieren, die mit Messungen eines einzelnen Systems, beispielsweise mit 6-stündigen Radiosondierungen, nicht oder nur ungenügend aufgelöst werden können. Dementsprechend ist bei der Verwendung von Composite Profiles für den Modellantrieb ein positiver Effekt auf die Modellergebnisse festgestellt worden.

SODAR MESSUNGEN WÄHREND EBEX

I. Lehner, A. Christen, Ch. Feigenwinter, E. van Gorsel, E. Parlow, R. Vogt, Schweiz

Im Juli/August 2000 fand im San Joaquin Valley, Kalifornien die internationale Messkampagne EBEX (**E**nergy **B**alance **E**xperiment) statt. Ziel des Experimentes ist die Untersuchung, welche Faktoren zum Schließungsproblem der Energiebilanz führen (Oncley et al., 2001).

Um weitere Informationen über die Struktur der Grenzschicht zu gewinnen, wurden während des gesamten Experimentes zusätzliche Messungen mit einem Sodar durchgeführt. Das monostatische ‚Flat Array Sodar‘ (Scintec FAS64) war mit einer höhenunabhängigen Auflösung von 30 m konfiguriert, das Mittelungsintervall betrug 20 bis 30 Minuten. Über Tag konnten Informationen über das Höhenintervall von 50 bis 500 m gewonnen werden. Nachts lag das Rückstreusignal häufig zu wenig über dem instrumenteneigenen Rauschniveau um Informationen über das Windfeld oberhalb von 250 m zu kriegen.

Es zeigt sich, dass das Windfeld eine charakteristische Tagesperiodik aufweist. Nachts ist die dominante Windrichtung Nordwest. Mit Einsetzen der täglichen Konvektion nimmt die Windgeschwindigkeit auf durchschnittlich $2\text{-}4\text{ ms}^{-1}$ ab und die Variabilität der Windrichtung nimmt zu. Mittägliche Hauptwindrichtungen liegen jedoch bei Nord oder Ost. Ab ca. 21.00 LST steigt die Windgeschwindigkeit innerhalb kurzer Zeit und im gesamten Messbereich auf $8\text{-}15\text{ ms}^{-1}$ an. Nachts reduziert sich der Bereich der hohen Windgeschwindigkeiten auf 150 bis 400 m. Dieser ‚low level jet‘ verliert in den frühen Morgenstunden an Mächtigkeit und Intensität und ist ca. drei Stunden nach Sonnenaufgang abgebaut.

Im Poster werden neben einer eingehenderen Darstellung des ‚low level jets‘ weitere Charakteristika der Grenzschicht aufgezeigt. Zudem werden die während EBEX ebenfalls gewonnenen Sonicdaten zur Diskussion der Sodarmessungen herangezogen.

Literatur:

Oncley, S. P., Foken, Th., Vogt, R., Bernhofer, C., Kohsiek, W., Liu, H. , Pitacco, A., Grantz, D., Riberio, L. (2001): Das Energiebilanzexperiment EBEX-2000., DACH-MT 2001

RADAR UND NIEDERSCHLAGSMESSER: PHILOSOPHIE IM WANDEL

J. Seltmann, P. Lang, J. Riedl, Deutschland

Niederschlagsdaten aus Radarmessungen werden aufgrund von Differenzen zu Bodenmessungen von Nutzern häufig nicht akzeptiert. Hierbei werden die Abweichungen mit Selbstverständlichkeit als Fehler der Radarmessung interpretiert. Darauf beruht die gängige Praxis, das Radarfeld mit einem interpolierten Korrekturfeld auf eine in bestimmtem Sinne minimale Abweichung gegen die Bodenstützstellen anzupassen. In einem typischen Fall liefert die angeeichte Radarmessung über einem Quadratkilometer mit 246 mm die doppelte Tagesniederschlagshöhe der für die Aneichung benutzten Station in 6 km Entfernung, aber nur ein Drittel mehr als eine nicht zur Aneichung verwendete Kontrollstation.

Es ist richtig, dass die indirekte Radarmessung verschiedener Korrekturen und ihre Inversion auf die Niederschlagsrate am Boden zusätzlicher Annahmen bedarf. Die Konsequenz daraus muss aber sein, nach einer technisch möglichst genauen Messung schrittweise diese Korrekturen anzubringen und erst im letzten Schritt Bodendaten hinzuzuziehen. Dieses Erkenntnis beginnt sich in den letzten Jahren durchzusetzen; dennoch haben alle derartigen Vergleiche das Ziel, eine punktweise Übereinstimmung zwischen Radar- und Bodenmessung herzustellen.

Ein sehr wesentlicher Teil der Abweichungen kann jedoch nicht Messfehlern auf der einen oder anderen Seite, sondern muss dem Niederschlagsprozess einschließlich des Messprozesses zugeordnet werden. Dabei geht es um die extrem hohe Variabilität des Niederschlags selbst und um die raum-zeitliche Repräsentanz von Niederschlagsmessern und Radar. Mit Sicherheit ist eine 200cm² große Auffangfläche nicht repräsentativ für das gesuchte Niederschlagsfeld; ein deutliches Beispiel hierfür ist das "Durchschlüpfen" einer Schauerzelle zwischen Bodenmessstationen. Schnellziehende Zellen müssen möglicherweise noch gesondert behandelt werden. Die Repräsentanz eines Einzelwertes im Radarumfeld und die Niederschlagsvariation auf verschiedenen Dauerstufen innerhalb eines Radarpixels werden gegenwärtig untersucht. Zufällige Abweichungen Radar-Bodenmesser in dieser Größenordnung sind dann offensichtlich als prozessimmanent hinzunehmen. Andererseits nimmt die Genauigkeit der Radar-Gebietsniederschläge mit der Gebietsgröße und der Abtasthäufigkeit zu. Am Forschungsradar Hohenpeißenberg wurde deshalb das Abtastintervall von 5 auf 3 Minuten verkürzt.

In den seltensten Fällen ist ein Punktwert das eigentlich Interessante, meist ist dies vielmehr der unbekannte Gebietsniederschlag über einer größeren Fläche und seine Verteilung. Der vom Radar gemessenen Verteilung ist mindestens im konvektiven Fall sicherlich mehr Vertrauen zu schenken als einer aus Punktmessungen interpolierten. Ein bedeutendes Problem liegt auch hier in der Verifikation, der "Wahrheit", an welcher Abweichungen gemessen werden. Nach dem eben gesagten ist aber klar, dass ein Maß, welches per Definition bei Übereinstimmung der Radardaten mit den interpolierten Bodendaten maximal wird, als Gütekriterium nicht geeignet ist. Erforderlich ist ein neues Verständnis, wie die Differenz zwischen Radar und Bodenmessung zugelassen und der Vorteil der jeweiligen Messung ausgenutzt werden kann. Evtl. können -ähnlich wie bei der Assimilation direkt die Radialwinde- die verlässlicheren Reflektivitäten gelegentlich unmittelbar und ohne die punktuelle Extrapolation auf den Bodenwert verwendet werden. Eine simple Möglichkeit wäre auch, Gebietsniederschläge mit einer ja/nein- Maske der als gültig akzeptierten Verteilung aus dem Radar zu validieren.

Das bisher ausschließliche Vertrauen in Bodenmessungen allein kann nicht der letztgültige Schluss in der Frage der besten Methode zur Niederschlagsbestimmung bleiben. Während die Standardverfahren zur Bestimmung von Gebietsniederschlägen bei stratiformen Ereignissen brauchbare Ergebnisse liefern (jedoch mit hohen technischen Anforderungen an die aktuelle Verfügbarkeit), dürfte das Radar im konvektiven Falle überlegen sein. Dies wird am Beispiel diskutiert.

FERNERKUNDUNG VON BODENFEUCHTE

Matthias Drusch, Deutschland

Die Genauigkeit und Anwendungsmöglichkeiten der derzeitigen globalen und regionalen Klimamodelle und numerischen Wettervorhersagemodelle werden durch die ungenügende Beschreibung von Wolken und der Bodenfeuchte begrenzt. Um einen sinnvollen Beitrag in diesen Forschungsschwerpunkten zu leisten, sollte ein unabhängiger Bodenfeuchte Datensatz global mit einer zeitlichen Auflösung von einem Tag und einer räumlichen Auflösung von mindestens 20 km vorliegen. Die Genauigkeit sollte $\sim 5\%$ ($0.05 \text{ g}_{\text{Wasser}} / \text{g}_{\text{Boden}}$) betragen. Diese Anforderungen kann nur die Fernerkundung erfüllen.

Da die Bodenfeuchte in Abhängigkeit vom Spektralbereich den Reflexionsgrad, die Temperatur und die dielektrischen Eigenschaften des Systems Erdboden – Vegetation beeinflusst, sind für nahezu alle Frequenzbereiche Verfahren zur Ableitung der Bodenfeuchte entwickelt worden. Messungen im sichtbaren (VIS) und infraroten (IR) Spektralbereich haben vergleichsweise sehr gute räumliche Auflösungen. Da in bewölkten Fällen keine Ableitung von Oberflächenparametern möglich ist, erfüllt die zeitliche Auflösung i.A. nicht die Anforderungen. Außerdem ist das Signal der Bodenfeuchte für vegetationsbedeckte Oberflächen nur sehr schwach. Selbst für unbewachsene Böden kann keine ausreichende Genauigkeit erzielt werden, da der Bodentyp maßgeblich die spektrale Reflexion und die IR Emissivität beeinflusst. Mikrowellen (MW) in L- und C-Band haben das bei Weitem größte Potential, die oben genannten Anforderungen zu erfüllen, da die bewölkte Atmosphäre bei der Ableitung der Bodenfeuchte vernachlässigt werden kann und der Einfluß der Vegetation, zumindest im L-Band, gering ist. Da MW im L-Band Eindringtiefen von $\sim 10 \text{ cm}$ haben, wären abgeleitete Bodenfeuchten vergleichsweise gut mit modellierten zu vergleichen.

Im MW Spektralbereich werden passive und aktive Sensoren verwendet. Das vielleicht größte Problem aktiver Instrumente, wie dem ERS-1 (European Remote-Sensing Satellite) SAR (Synthetic Aperture Radar) oder SCAT (Wind Scaterometer), sind die Einflüsse von Rauigkeit und Vegetation, die bisher nur ansatzweise korrigiert werden konnten. Passive Mikrowellenradiometer in L- und C-Band zeigen die höchste Sensitivität gegenüber der Bodenfeuchte und die entsprechende Strahlungstransporttheorie ist relativ gut verstanden. Da es bislang kein satellitengestütztes L-Band Radiometer gibt, liegen zwei wesentliche Forschungsschwerpunkte bei der Fernerkundung von Bodenfeuchte auf der Entwicklung von SMOS (Soil Moisture / Ocean Salinity, ESA) und der Ableitung von Bodenfeuchte aus AMSR-E (Advanced Microwave Scanning Radiometer) und TMI (TRMM Microwave Imager) X-Band Messungen (NASA).

Neben einer allgemeinen Einführung wird der Vortrag an Hand von Flugzeug- und Satellitenmessungen, die während der Feldexperimente SGP97 und SGP99 (Southern Great Plains Hydrology Experiment) durchgeführt wurden, das Potential aktiver und passiver Sensoren demonstrieren. Aus ESTAR (Electronically Scanned and Thinned Array Radiometer) Messungen konnte die Bodenfeuchte flächendeckend mit einer Genauigkeit von 3% abgeleitet werden. Ein weiterer Schwerpunkt ist die Untersuchung von Skalen- bzw. Aggregationseffekten, die zwangsläufig bei der Ableitung von Bodenfeuchte über inhomogenen Landoberflächen entstehen. Dazu wurden Ergebnisse von einem ‚Observation System Simulation Experiment‘, dessen Hauptbestandteile ein Hydrologisches - und ein Strahlungstransport - Modell sind, für AMSR-E analysiert.

BESTIMMUNG UND ANALYSE DER TEMPERATUR VON LANDOBERFLÄCHEN AUS SATELLITENDATEN

Folke – S. Olesen, Deutschland

Die in-situ Messung der Temperatur von Landoberflächen mit Thermometern ist meist schwierig, weil die Oberfläche schlecht zu definieren ist. Wie gut eine Fläche durch eine Punktmessung repräsentiert wird, lässt sich nur grob abschätzen und ist in heterogenen Gebieten sehr unsicher. Ein Radiometer hingegen misst die gesamte Strahlung beliebig strukturierter Flächen und löst damit beide Probleme. Radiometermessungen sind allerdings immer von der Atmosphäre beeinflusst. Für große Flächen (regional, kontinental) kommen nur Radiometer auf Satelliten in Frage, z.B. NOAA oder METEOSAT.

Um die Temperatur von Landoberflächen z.B. als Komponente der momentanen Energiebilanz zu bestimmen, ist eine Atmosphärenkorrektur nötig: Die wichtigsten Methoden dazu werden kurz dargestellt. Die Tageswelle der Temperatur und deren Änderung mit der Zeit geben weitere, wertvolle Auskünfte über die thermischen Eigenschaften der Landoberfläche. Diese Änderungen können mit archivierten Satellitendaten (AVHRR und METEOSAT-IR) für mindestens 25 Jahre verfolgt werden. Allerdings sind nicht alle Verfahren der Atmosphärenkorrektur auf solch lange Zeitreihen anwendbar: Einige benötigen mehr als einen IR Kanal, sind also nicht auf METEOSAT-Daten anwendbar, andere benötigen Bodendaten, die nur lokal vorhanden sind. Die Korrektur eines einzelnen IR Kanals nimmt meist sehr viel Rechenzeit für die Vorwärtsrechnung in Anspruch und kann daher nur auf kurze Zeiträume angewendet werden.

Das Problem der Korrektur wurde am IMK mittels neuronaler Netze (NN) gelöst. Die Genauigkeit ist für METEOSAT und AVHRR ist von der Größenordnung der Messgenauigkeit bei einem Geschwindigkeitsvorteil von ca. 10.000 gegenüber MODTRAN. Das neuronale Netz wurde mit Radiosonden trainiert werden und als Eingabe wurden ECMWF-Modellprofile verwendet. Mit den NN und dem ERA-15 bzw. ERA-40 Datensatz des ECMWF können die IR-Archivdaten von METEOSAT und NOAA-AVHRR für Europa bearbeitet werden.

In einem zweiten Schritt werden die entstehenden großflächigen Zeitreihen der Landoberflächentemperatur so durch ein Modell beschrieben, dass die Tageswelle für sinnvolle Zeitabschnitte z.B. 10 Tage oder bestimmte Wetterlagen - mit wenigen Parametern dargestellt werden kann. Das automatische Verfahren wurde am IMK entwickelt, arbeitet stabil und ist unempfindlich gegen unerkannte Wolken ist. Aus den Parametern können dann IR Daten ohne Wolkenlücken in Raum und Zeit berechnet werden. Qualitativ bekannte Zusammenhänge von Oberflächentyp und Temperaturverlauf lassen sich damit quantitativ erfassen. Dazu werden Beispiele aus Europa und Nordafrika gezeigt.

VARIABILITÄT VON LANDOBERFLÄCHENEIGENSCHAFTEN IM MITTELMEERGEBIET DURCH ANALYSE TÄGLICHER AVHRR 1KM-DATENSÄTZE IM ZEITRAUM 1989 BIS 2001

Dirk Koslowsky, Matthias Eckardt, Ines Langer, Dorothea Praetorius, Deutschland

Im Rahmen diverser Verbundprojekte, die sich mit Desertifikation im Mittelmeergebiet befassen, ist ein nunmehr fast 13jähriger Datensatz entstanden, mit dem Aussagen zur Variabilität von Landoberflächeneigenschaften gemacht werden können. Die Auswertungen beziehen sich auf die Abweichungen des Vegetationsindex NDVI vom 12jährigen Mittel und geben deutliche Hinweise einerseits auf großskalige Abweichungen der einzelnen Jahre bzw. Vegetationsperioden, die als Auswirkungen der Klimavariabilität zu deuten sind. Andererseits werden aber auch kleinräumige Veränderungen deutlich, die auf anthropogene Landnutzungsänderung, aber auch Waldbrände und Bodenerosion hinweisen. Betrachtet werden auch die Variabilität und Trends der Albedo und der Landoberflächentemperatur.

STRAHLUNGSTRANSPORTRECHNUNGEN ZUR FEHLERABSCHAETZUNG VON SATELLITENDATEN (SEAWIFS) IM NORDATLANTIK

Hela Mehrrens, Deutschland

Die Verteilung von Phytoplankton in den Weltmeeren spielt eine wichtige Rolle für die Klimavariabilität, z.B. durch Veränderung der Absorption des Oberflächenwassers. Mit Satelliten werden die Strahldichten ausgehend von der Wasseroberfläche gemessen und aus dem Verhältnis im blauen und grünen Spektralbereich der Chlorophyllgehalt des Ozeans abgeleitet, daraus lässt sich auf den Phytoplanktongehalt schließen. Für die Validation der hierzu benötigten Algorithmen liegen in situ Messungen von Chlorophyll zugrunde, die saisonal und räumlich nicht sehr homogen sind. Gerade im offenen Ozean sind Messungen rar. Ziel dieser Arbeit ist es, systematische Fehler der aus Satellitendaten abgeschätzten Phytoplanktonkonzentrationen im Nordatlantik zu untersuchen. Für diesen Zweck ist ein Monte Carlo Strahlungstransportmodell entwickelt worden zur Simulation der Strahlungsprozesse im vertikal geschichteten tiefen Ozean. Es wurde aus einem Modell für die Atmosphäre abgeleitet, das Strahlungsflussdichten und Strahldichten in beliebigen Raumwinkeln bestimmen kann. Die Strahldichten in Zenithrichtung bei 490 nm und 555 nm werden aus vertikalen Chlorophyllprofilen berechnet. Realistische Profile im offenen Ozean liefert ein physikalisch-biologisches Modell, das mit Reanalyse Daten (NCEP/NCAR) von 1996 bis 1998 angetrieben wurde. Die Strahldichtemessungen bei 490 nm und 555 nm des Seaviewing Wide Field of View Sensors (SeaWiFS) von 1998 wurden zum Vergleich verwendet. Es werden Stationen bei 30 W zwischen 10 N und 30 N betrachtet. In dieser Region gibt es häufig Tiefenmaxima des Chlorophyllgehaltes. Während die Zeitreihen der berechneten Strahldichten sehr glatt sind, zeigen die Satellitenmessungen eine stärkere Tag zu Tag Variabilität. Bis auf deutliche Abweichungen bei 30 N liegen unsere Ergebnisse im Bereich der Satellitendaten. Die mit dem SeaWiFS-Algorithmus aus den Strahldichten berechneten Chlorophyllgehalte stimmen überwiegend gut überein mit den zur Berechnung verwendeten Chlorophyllgehalten. Die Differenz von den mit dem Algorithmus abgeleiteten zu den tatsächlich verwendeten Chlorophyllgehalten wird diskutiert.

BEOBACHTUNG DES EINFLUSSES VON AEROSOLEN AUF DIE RÜCKSTREUEIGENSCHAFTEN VON WOLKEN

Lothar Schüller, Rene Preusker, Jürgen Fischer, Deutschland

Die neuen Satelliteninstrumente der ESA und NASA ermöglichen die Wolkeneigenschaften mit bisher nicht erreichter Genauigkeit und Auflösung zu erfassen. Besonders für die Klimaforschung sind diese neuen Beobachtungen aus dem Weltraum relevant. In diesem Beitrag stellen wir exemplarisch eine Reihe von Algorithmen und Anwendungen vor. Beim sogenannten Twomey-Effekt handelt es sich um einen indirekten Effekt der Aerosole auf das Klima. Aerosolteilchen dienen bei der Bildung von Wolkentropfen als Kondensationskerne und die mikrophysikalische Struktur der Wolken hängt entscheidend vom Angebot solcher Kondensationskerne ab. In einer Luftmasse, in der viele Aerosole zur Verfügung stehen, ist die Anzahl der Wolkentropfen demnach höher als in einer vergleichsweise reinen Luftmasse. Bleiben ausser dem Aerosolangebot sämtliche Bedingungen unverändert, so muss die Erhöhung der Tropfenanzahl einhergehen mit einem geringeren mittleren Tropfenradius, da das verfügbare Flüssigwasser sich auf mehrere, aber dafür kleinere Tropfen verteilt. Dass eine auf diese Weise veränderte Wolke ein höheres Rückstreuvermögen bezüglich der solaren Strahlung aufweist, kann man durch Strahlungstransportrechnungen belegen. Aus multispektralen Messungen im sichtbaren und nahen infraroten Spektralbereich können mit neuartigen Algorithmen auf die relevanten Wolkenparameter (Tropfenradius und -konzentration) geschlossen werden. Aus Flugzeug- und Satellitenmessungen wurden mit Hilfe der neuen Verfahren diese mikrophysikalischen, wie auch optische und geometrische Wolkenparameter (geometrische und optische Dicke, Wolkenhöhe) abgeleitet und für eine Untersuchung des Twomey-Effekts verwendet.

REGENERKENNUNG ÜBER LAND ANHAND VON TRMM – DATEN

Claudia Wunram, Deutschland

Die Verfügbarkeit von gleichzeitigen und räumlich überlappenden Radiometer- und Radarmessungen auf globaler Skala, welche durch TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) gegeben ist, birgt die Chance, die bisherigen Regenalgorithmen, die vornehmlich empirischer Natur sind, zu verbessern und darüberhinaus eine höhere Sensitivität für lokale, kleinskalige Bedingungen zu erzielen.

Zur Erkennung und Abschätzung von Regenereignissen über Landoberflächen kann der Kontrast zwischen der Signatur von Regenwolken und klarer Atmosphäre, wie er in den hohen Frequenzen der Radiometer (hier 85 GHz des TMI, TRMM Microwave Imager) beobachtet wird, genutzt werden. Dazu muß das Streu- und Emissionssignal der Atmosphäre von dem starken und zudem hoch variablen Emissionssignal des Bodens unterschieden werden.

Mit der hier vorgestellten Methode wird ein physikalischer Ansatz verfolgt, in dem ein Emissivitätsmodell benutzt wird, um die Oberflächenemissivitäten aus den beobachteten Helligkeitstemperaturen unter Anwendung eines Optimierungsverfahrens zu bestimmen. Die Bodenemissivitäten werden im Modell mit aufgesetzter Atmosphäre für beide Polarisationsrichtungen in den Frequenzen zwischen 10 und 85 GHz in Abhängigkeit von vier Bodenparametern simuliert.

Der Optimierungsprozess wird durch unabhängige Hintergrundinformationen über diese Bodenparameter initialisiert und solange durchlaufen, bis eine optimale Anpassung der Helligkeitstemperaturen an die Beobachtungen gefunden wurde. Die so abgeleiteten Bodenemissivitäten werden in einem Regenalgorithmus über Land genutzt und mit Hilfe des Regenradars (PR) der TRMM-Serie validiert.

Die Anwendung dieses Verfahrens auf verschiedene tropische Regionen mit unterschiedlichen Boden- und Vegetationsverhältnissen wird gezeigt. Außerdem werden die Möglichkeiten des Verfahrens zur Lokalisierung von Regenereignissen diskutiert.

DAS AUSWERTESHEMA SESAT ZUR BESTIMMUNG VON STRAHLUNGS- UND ENERGIEFLÜSSEN AUS METEOROLOGISCHEN SATELLITENDATEN

Franz H. Berger, Deutschland

Das Auswerteverfahren SESAT (Strahlungs- und Energieflüsse aus SATEllitendaten) wurde entwickelt, um aus aktuellen meteorologischen (NOAA-AVHRR, ERS-1/2 ATSR) und aus zukünftigen, meteorologischen Satellitendaten (MSG, Envisat AATSR) die räumliche und zeitliche Variabilität der Strahlungsflüsse am Erdboden und am Oberrand der Atmosphäre sowie den Einfluß der Wolken auf den Strahlungshaushalt untersuchen zu können. Das Verfahren selbst ist modular aufgebaut und hierarchisch strukturiert.

Um die Strahlungsflüsse am Erdboden ableiten zu können, wird in einem Modul eine detaillierte Wolkenklassifikation durchgeführt, wobei für jede Klasse die optischen und mikrophysikalischen Wolkeneigenschaften ermittelt werden können. In einem weiteren Modul werden nicht nur für wolkenfreie Bildelemente, sondern auch für bewölkte Bildelemente mittels Mehrtagesampling das Reflexionsvermögen und das Emissionsvermögen einzelner Bildelemente bestimmt. Mit Hilfe eines inversen Fernerkundungsverfahrens werden unter Berücksichtigung intensiver Strahlungstransfersimulationen Look-Up Tabellen erstellt, die wiederum pixelweise für die Bestimmung der einzelnen Strahlungsflußkomponenten genutzt werden können. Ergänzend soll erwähnt werden, daß für den solaren Spektralbereich die Topographie der Untersuchungsgebiete berücksichtigt wird und die Strahlungsflüsse höhenabhängig berechnet werden können. Für den langwelligen Spektralbereich konnte ein einfacher empirischer Ansatz erarbeitet werden, welcher den Einfluß der Wolken auf die langwellige Ausstrahlung sowie die atmosphärische Gegenstrahlung berücksichtigt.

Auf der Grundlage der Strahlungsflüsse am Erdboden und ergänzend bestimmter Landoberflächeneigenschaften, wie Blattflächenindex oder Rauigkeitshöhe, wurden in einem weiteren Arbeitsschritt Wärmeströme an der Erdoberfläche berechnet. So können die Bodenwärmeflußdichten bzw. die Speicherung im Boden bzw. im Boden und in der Vegetationsschicht, sowie die sensiblen und latenten Wärmeflußdichten bestimmt werden. Hinsichtlich der latenten Wärmeflußdichten werden sowohl die potentielle als auch in einer Näherung die aktuelle Verdunstung berechnet.

Das Auswerteverfahren wurde auf eine Vielzahl von Satellitendaten, z.B. für die Ostsee - BALTEX (Mai und Juni 1993, August und September 1995, September und Oktober 1999), für Mitteleuropa - RESMEDES (April 1995) und für Deutschland - LITFASS (April und Juni 1998) bzw. BERLIOZ (Juli bis September 1998) angewandt. Ergebnisse sowie kritische Betrachtung der Parametrisierungsansätze sollen die Vorstellung des Auswerteverfahrens SESAT abschliessen.

RÄUMLICH HOCHAUFGEÖSTE STRAHLUNGSBILANZ ÜBER EUROPA: ABLEITUNG AUS SATELLITENDATEN & VALIDATION EINES REGIONALEN MODELLS

R. Hollmann, Deutschland

Seit ca. 40 Jahren tragen Satellitenmessungen zum Verständnis der Dynamik und der Statik der Atmosphäre bei. So dient z.B. die Strahlungsbilanz seit einigen Jahren auch zur Validation von globalen Klimamodellen. Für regionale Anwendungen, wie z.B. im Rahmen von BALTEX, werden Modelle mit dem Fokus auf das Einzugsgebiet der Ostsee mit allen verfügbaren Messungen und Methoden validiert. Da die Strahlungsbilanz der bestimmende Parameter des Energiehaushaltes ist, wird zur Validation ein Datensatz der Strahlungsbilanz benötigt, der in der räumlichen Auflösung zu den verwendeten Modellen paßt. So ein Datensatz war bisher nicht verfügbar.

Im ersten Teil des Vortrags wird gezeigt, wie die sehr genauen Messungen von ScaRaB (Scanner for Radiation Budget) benutzt werden können, um ein Verfahren abzuleiten, welches es erlaubt, aus den räumlich hoch auflösenden Messungen mit AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) die regionale Strahlungsbilanz für Europa zu erstellen. Die Genauigkeit des Produktes liegt in der gleichen Größenordnung wie die Messungen von ScaRaB selber.

Im zweiten Teil des Vortrags wird das entwickelte Verfahren benutzt, um die Ergebnisse vom REMO (Regional Model) zu validieren. Der Vergleich der Ergebnisse des Modells mit den Wolkendatenprodukten von ISCCP führte zu einer Änderung der Wolkenparameterisierung (Zhang et al. 2001). Im allgemeinen zeigt sich im Rahmen der Genauigkeit von ScaRaB eine gute Übereinstimmung zwischen den verbesserten simulierten und gemessenen Strahlungsflußdichten am Oberrand der Atmosphäre. Es zeigt sich aber auch, daß das Modell im langwelligen Spektralbereich die kalten Gebiete überschätzt, während die warmen Gebiete unterschätzt werden. Im kurzwelligen Spektralbereich findet eine Überschätzung der dunklen Gebiete und eine Unterschätzung der hellen Bereiche statt.

Solche Methoden zur Ableitung der regionalen Strahlungsbilanz können dann auch auf das geostationären Strahlungsbilanzradiometer GERB auf MSG (METEOSAT Second Generation) angewendet werden, da GERB zwar eine hohe zeitliche, aber nicht so gute räumliche Auflösung bietet.

UNTERSUCHUNG DER RÄUMLICHEN UND ZEITLICHEN ENTWICKLUNG DER STRATOSPHERISCHEN CHLOR-AKTIVIERUNG BEIDER HEMISPHEREN ANHAND OCIO-MESSUNGEN DES SATELLITENINSTRUMENTES GOME VON 1995-2001

T. Wagner, M. Wenig, U. Platt, Deutschland

Wir präsentieren Messungen atmosphärischer OCIO Säulendichten des Global Ozone Monitoring Experiment (GOME) auf dem Europäischen Forschungssatelliten ERS-2. OCIO wird hauptsächlich durch die Reaktion von BrO mit ClO gebildet. Da die stratosphärische BrO-Konzentrationen relativ konstant ist, sind OCIO-Messungen daher bestens geeignet, erhöhte Konzentrationen von ClO und somit eine stratosphärische Chloraktivierung nachzuweisen.

Gegenüber Boden- Flugzeug- oder Ballonmessungen haben Satellitenbeobachtungen den Vorteil einer globalen Überdeckung. Dadurch lassen sich die räumliche und zeitliche Variation atmosphärischer Vorgänge sehr gut charakterisieren. Ein weiterer Vorteil besteht in der großen Stabilität eines Satelliteninstrumentes. Diese erlaubt unter anderen den empfindlichen Vergleich von räumlich wie zeitlich auseinanderliegenden Beobachtungen. Anhand von GOME OCIO-Messungen lassen sich so zum Beispiel die Stärke der Chloraktivierung während der verschiedenen Arktischen Winter untereinander sowie mit der Stärke der Chloraktivierung während der Antarktischen Winter vergleichen.

Die GOME OCIO-Daten zeigen, daß die Stärke der Chloraktivierung im Arktischen Winter von Jahr zu Jahr stark variiert, entsprechend der Entwicklung der stratosphärischen Temperatur. Generell liegen die OCIO-Säulendichten in der Arktis um etwa 25% unter denen in der Antarktis. Da die (zum Beispiel vom Microwave Limb Sounder (MLS) auf dem Upper Atmospheric Research Satellite (UARS)) in beiden Polargebieten gemessenen maximalen ClO-Konzentrationen nahezu identisch sind, deutet der Unterschied der OCIO-Säulendichten auf einen Unterschied in der Höhererstreckung der Chloraktivierung hin. Die kleineren OCIO-Säulendichten in der Arktis sind durch eine geringere Höhererstreckung der Chloraktivierung zu erklären. Dies entspricht auch der Beobachtung, daß während des Arktischen Winters polare stratosphärische Wolken (PSC) generell in einem kleineren Höhenbereich auftreten als in der Antarktis.

HORIZONTALER SPURENGASTRANSPORT IN DER STRATOSPHERE WÄHREND DER CRISTA-2 MISSION

M. Riese, J. Oberheide, Deutschland, G. L. Manney, USA

Planetare Wellen treiben die mittlere meridionale Zirkulation der Stratosphäre an und spielen eine große Rolle beim Transport von Spurengasen. Während der zweiten Mission des Cryogenic Infrared Spectrometers and Telescopes for the Atmosphere (CRISTA-2) Experiments (August 1997) wurde in der Winterstratosphäre (südliche Hemisphäre) eine außergewöhnlich hohe Aktivität der planetarer Wellen beobachtet. Die Planetare Welle-1, welche gewöhnlich quasi-stationär ist, bewegte sich zusammen mit der Planetaren Welle-2 nach Osten. Die relativ großen Amplituden beider Wellen führten zu einer starken Verschiebung des polaren Wirbels in Richtung der Tropen. Infolge dieser Verschiebung bildete sich ein großräumiges Strömungssystem (Streamer) aus, in dem ausgedehnte tropische Luftmassen zu mittleren Breiten transportiert wurden. Im Vortrag wird eine detaillierte Analyse der meteorologischen Situation anhand von Verteilungen des Geopotentials (UKMO, CRISTA) dargestellt. Die Wechselwirkung zwischen dem südpolaren Wirbel und den Tropen sowie die damit verbundene Ausbildung des Streamers werden anhand gemessener und assimilierter CRISTA-2 Spurengasdaten dargestellt. Die assimilierten Spurengasverteilungen eignen sich besonders für quantitative Transportanalysen, beispielsweise zur Berechnung globaler Eddy-Flüsse.

SCHNEE, EIS UND STARKNIEDERSCHLÄGE IN DEN MIKROWELLEN DATEN DER SATELLITEN NOAA 15 UND 16

Heiner Billing, Deutschland

In dem am 13. Mai 1998 gestarteten amerikanischen Wettersatelliten NOAA 15 und in dem Nachfolger NOAA 16 ist eine der interessantesten Neuerungen gegenüber den vorhergehenden Satelliten dieser Serie die verbesserte (advanced) Microwave Sounding Unit AMSU.

Diese misst passive Mikrowellen im Bereich von 2-12 mm Wellenlänge (189 GHz - 23.8 GHz).

Die Radiometer der AMSU_A haben ein Blickfeld von 3.3 Grad und damit im Nadir eine Auflösung von 48 km. Die beiden langwelligsten Kanäle (23.8 GHz und 31.4 GHz) sehen bis zum Boden und werden etwas durch Wolkenwasser und Wasserdampf beeinflusst.

Die Advanced Microwave Unit B hat mit einem Blickfeld von 1,1 Grad eine räumliche Auflösung von 16 km im Nadir. Die Kanäle bei 89 und 150 GHz (ch 16 und 17) sehen beide noch den Boden. Sie werden ebenfalls durch Wolkenwasser beeinflusst. Da in diesen Frequenzen die Wolken ansonsten transparent sind, lassen sich Starkniederschläge innerhalb von Wolken auch über Land erkennen. Ob hier eine Unterscheidung zwischen der Eis- und der Wasserphase möglich ist, wird zur Zeit untersucht.

Das Seeeis hat im Gegensatz zum Wasser im Mikrowellenbereich einen Emissionskoeffizienten nahe 1 und erscheint dadurch wärmer als das Wasser.

Andererseits erscheinen über Land schneebedeckte Gebiete kälter als die Umgebung.

Das Emissionsvermögen im Mikrowellenbereich hängt stark von der Kristallstruktur der Oberflächenschicht ab und kann deutlich unterschiedlich sein für verschieden alte Schnee- und Eisformen.

Um das Emissionsvermögen und die Oberflächentemperatur als unabhängige Parameter zu untersuchen, werden die Mikrowellendaten mit Bodentemperaturkarten aus dem Infrarotbereich der AVHRRadiometer verglichen.

**ABLEITUNG DES EINFLUSS VON AEROSOL AUF DIE STRAHLUNGSBILANZ AUS
SATELLITENDATEN - EINE STUDIE IN VORBEREITUNG AUF DAS GEOSTATIONÄRE
STRAHLUNGSBILANZRADIOMETER GERB**

K.W. Dammann, R. Hollmann, Deutschland

Mit dem geostationären Strahlungsbilanzradiometer GERB (Geostationary Earth Radiation Budget) auf dem Satelliten MSG (Meteosat Second Generation) wird es erstmalig möglich sein, den Tagesgang der Strahlungsbilanz in hoher zeitlicher Auflösung zu beobachten. MSG 1 wird im Januar 2002 gestartet werden. Das Radiometer GERB kombiniert zeitlich hochaufgelöste und spektral breitbandige Messungen in dem gesamten spektralen Band von 0,32 μm bis über 30,0 μm . Ein Quarzfilter, der in jede zweite Aufnahme in den optischen Gang eingebracht wird, limitiert das spektrale Band auf den Bereich der reflektierten Sonnenstrahlung (0,32 bis 4,0 μm). Alle 15 Minuten liegt somit eine Messung der Gesamtstrahlung sowie der reflektierten Sonnenstrahlung vor. Die langwellige Ausstrahlung (4,0 bis 30,0 μm) wird durch Subtraktion der reflektierten von der Gesamtstrahlung bestimmt.

Neben GERB wird MSG auch das operationelle Instrument SEVIRI (Spinning Enhanced Visible and InfraRed Imager) tragen, welches mit 12 schmalbandigen Kanälen ausgestattet ist, die den Kanälen der Instrumente NOAA/AVHRR und ERS/ATSR ähnlich sind. Aus den zeitlich hochaufgelösten Messungen von SEVIRI, die ebenfalls alle 15 Minuten vorliegen, wird es möglich sein, optische Parameter des atmosphärischen Aerosols abzuleiten. Durch Kombination der spektralen Informationen von SEVIRI und der breitbandigen Messungen von GERB kann der Effekt von Aerosol auf die Strahlungsbilanz untersucht werden.

Vor dem Start von MSG werden Algorithmen getestet, um, unter Verwendung von Daten polar umlaufender Satelliten, den Effekt von Aerosolen auf die Strahlungsbilanz zu untersuchen. Dabei werden Strahlungsbilanzdaten des Scanner for Radiation Budget (ScaRaB) verwendet, um die Strahlungsbilanz am Oberrand der Atmosphäre zu bestimmen. Zur Ableitung der optischen Parameter des Aerosols werden gleichzeitige Messungen des NOAA/AVHRR verwendet.

Zur Ableitung der optischen Parameter des Aerosols wird die Methode von Higurashi und Nakajima (1999) verwendet. Sie liefert die optische Tiefe und den Ångström Koeffizienten über Ozeanoberflächen aus Daten des NOAA/AVHRR in einer räumlichen Auflösung von 1 x 1 km^2 . Diese Informationen werden dann in die räumlich gröber aufgelösten ScaRaB Bildelemente unter Verwendung der räumlichen Instrumentenwichtungsfunktion von ScaRaB gemittelt, um die beiden Datensätze vergleichbar zu machen.

Erste Ergebnisse über dem Mittelmeer zeigen eine Erhöhung der breitbandigen reflektierten Solarstrahlung mit einer Erhöhung der optischen Tiefe des Aerosols und werden im Vortrag dargestellt und diskutiert.

DIE VARIABILITÄT DER MEEREISBEDECKUNG ZWISCHEN KANADA UND DER KARA-SEE IM ZEITRAUM 1966 BIS 2001 ANHAND VON SATELLITENDATEN

Matthias Eckardt, Jutta Gallas, Wolfgang Tonn, Deutschland

Seit 1966 werden im Institut operationell Satellitendaten empfangen. Das nördliche Polargebiet zwischen 60 W und 90 E wird mindestens einmal täglich erfasst. In der letzten Dekade jedes Monats wird die Position der Eisgrenze und die Größe der eisbedeckten Fläche in verschiedenen Sektoren bestimmt. Die Daten aus den unterschiedlichen Spektralkanälen des AVHRR und der Mikrowelleneinheit MSU bzw. AMSU bilden das Basismaterial für die Auswertungen. Um den störenden Einfluss der Bewölkung zu eliminieren, kommen verschiedene Verfahren wie Minimum Brightness-Bildung, Kanalkombinationen und Composite-Bildung zur Anwendung. Aus der 35-jährigen Datenreihe lassen sich monatliche, jährliche und interannuelle Änderungen der Eisbedeckung sowie die Zeitpunkte und Ausmaße der jährlichen Maxima und Minima ermitteln. Während der Zeitpunkt der maximalen Eisbedeckung sich über 4-5 Monate verteilen kann, findet man die minimale nur im August oder September. Über den gesamten Zeitraum seit 1966 besteht ein abwärts gerichteter Trend zu geringerer Größe der eisbedeckten Fläche von 0.012 Millionen km²/Jahr, dem eine mehrjährige Schwingung überlagert ist. Die Eisabnahme ist in der Grönlandsee stärker ausgeprägt als in der Barents- und Kara-See und teilweise gegenläufig zum kanadischen Raum.

KLIMAWANDEL-MONITORING MIT SATELLITENGETRAGENEN GNSS OKKULTATIONSENSOREN

Ulrich Foelsche, Gottfried Kirchengast, Andrea K. Steiner, Österreich,
Luis Kornbluh, Elisa Manzini, Lennart Bengtsson, Deutschland

Die satellitengestützte Radio-Okkultationsmethode stellt ein neues vielversprechendes Werkzeug für Klima- und Klimawandel-Monitoring dar. Die Grundlage der Radio-Okkultationsmethode sind Signale von GNSS (Global Navigation Satellite System) Satelliten, die von LEO (Low Earth Orbit) Satelliten empfangen werden, nachdem sie die Ionosphäre und Atmosphäre der Erde durchquert haben und dabei verdunkelt („okkultiert“) wurden. Das GNSS umfaßt derzeit nominell 4 Dutzend Satelliten: es besteht aus dem U.S.-amerikanischen GPS (Global Positioning System) und dem russischen GLONASS (GLOBAL NAVIGATION Satellite System); ein europäisches System (GALILEO) aus 30 weiteren Satelliten ist in Vorbereitung. In Okkultationsgeometrie durchqueren die Radiosignale kurz vor dem Untergang eines GNSS Satelliten immer dichtere Atmosphärenschichten und werden dabei entsprechend den Brechungseigenschaften des Mediums gebrochen und verlangsamt. Eine analoge Situation tritt ein, kurz nachdem ein GNSS Satellit aus Sicht des Empfängers aufgeht. Die Hauptobservable, die mit Millimetergenauigkeit gemessen werden kann, ist die atmosphärische Phasenwegverlängerung (relativ zum Vakuum-Phasenweg). Aus derartigen Phasenwegprofilen werden Brechungsindexprofile und daraus Profile fundamentaler atmosphärischer Parameter wie Dichte, Druck, Temperatur und Wasserdampf berechnet. Bereits mit einem einzigen GNSS Empfänger können pro Tag etwa tausend solcher über den ganzen Globus verteilter Profile gemessen werden. Für Klima-Monitoring eignet sich die Methode besonders durch die Kombination aus globaler Bedeckung, Langzeit-Stabilität und hoher Genauigkeit und vertikaler Auflösung. Wir führen derzeit eine ambitionierte Studie durch, die das Potential der Methode zur Ermittlung von Temperaturtrends innerhalb der kommenden 25 Jahre untersucht, und die folgende Punkte beinhaltet:

- (1) Realistische Modellierung der neutralen Atmosphäre (ECHAM5/T42L39 GCM bis zur Mesopause; Treibhausgase, Aerosole und Ozon) und der Ionosphäre (empirisches zeit- und sonnenaktivitätsabhängiges 3D-Modell) für die Periode 2001 bis 2025.
- (2) Realistische Modellierung der fehlerbehafteten Phasenwegmessungen für eine kleine Konstellation von GNSS-Empfängern (6 LEO Satelliten) innerhalb dieser Periode.
- (3) State-of-the-art Datenverarbeitung für die Gewinnung von Temperaturprofilen in der oberen Troposphäre und in der Stratosphäre (Kernregion 8 bis 40 km) zur Gewinnung eines signifikanten Satzes von realistisch simulierten Messungen.
- (4) Multivariate statistische Analyse zeitlicher Trends innerhalb der 25 Jahr-Periode in Breite-Höhe Schnitten, einerseits für das modellierte „wahre“ Temperaturfeld (Ideal-Analyse), andererseits für das „gemessene“ fehlerbehaftete Temperaturfeld (Real-Analyse), das aus dem Satz der realistisch simulierten Messungen gewonnen wurde.
- (5) Beurteilung, ob und bis zu welchem Grad das GNSS Okkultations-Beobachtungssystem in der Lage war, die Temperaturänderungen zweifelsfrei zu detektieren.

Es wird über den Aufbau und den aktuellen Stand der Studie sowie bereits vorliegende Ergebnisse aus „testbed“-Simulationen berichtet.

BESTIMMUNG DER HORIZONTALEN VERTEILUNG DES FLÜSSIGWASSERPFADES AUS DATEN DES AMSU UND AVHRR

Heike Hauschildt, Deutschland

Wolken spielen eine große Rolle im Klimasystem unseres Planeten. Sie beeinflussen die Strahlungsbilanz maßgeblich und transportieren Frischwasser und (negative) latente Wärme. Es ist daher wichtig den Flüssigwassergehalt von Wolken räumlich wie zeitlich hoch aufgelöst zu erfassen. Mit Satellitenbeobachtungen ist es möglich, ihre räumliche Verteilung zu ermitteln. Im Rahmen dieser Arbeit werden zwei Verfahren zur Fernerkundung des Flüssigwasserpfades (LWP), basierend auf den Radiometern AMSU (Advanced Microwave Sounding Unit) und AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) miteinander verglichen. Beide Instrumente sind auf dem polarumlaufende Satellit NOAA-15 installiert, messen also zur gleichen Zeit den gleichen Bereich der Atmosphäre. Das AMSU-Verfahren nutzt die Sensitivität der emittierten Mikrowellenstrahlung auf den Flüssigwassergehalt der Atmosphäre. Die Umrechnung der Mikrowellenemission in LWP basiert auf dem Algorithmus von Grody et al. (1999). Mit Hilfe von Strahlungstransportrechnungen im solaren Spektralbereich (Koelemeijer et al. (1995)) wird der LWP zusätzlich aus den AVHRR-Messungen der reflektierten sichtbaren Strahldichte ermittelt.

Unter der Annahme, dass die Mikrowellenemission homogener Wolkenszenen stärker mit dem LWP korreliert ist als die reflektierte Sonneneinstrahlung, wird für eben diese Szenen aus dem Vergleich beider Verfahren eine Korrekturfunktion für das AVHRR-Verfahren abgeleitet. Diese Funktion kann für homogene Szenen mit einem Flüssigwasserpfad unterhalb 500 gm^2 auf die AVHRR Flüssigwasserpfade angewandt werden. Der eingeschränkte Gültigkeitsbereich der Formel resultiert aus der begrenzten Datenmenge.

Im Falle inhomogen bewölkter Satellitenszenen verursacht der nichtlineare Zusammenhang zwischen dem LWP und der gemessenen Strahldichte im Mikrowellenbereich eine systematische Unterschätzung des Flüssigwassers. Dieser Effekt wird als "Beamfilling" bezeichnet. Mittels der hier gefundenen verbesserten AVHRR-Fernerkundung des LWP wird unter der Annahme, dass die Bewölkung im AVHRR-Sichtfeld homogen ist, die Grundlage geschaffen, den Beamfilling-Fehler der Mikrowellenmessung abzuschätzen. Gleichzeitig ermöglicht eine genauere Bestimmung des Flüssigwasserpfades mit AVHRR eine hochaufgelöste Erfassung der räumlichen Variation dieser Größe.

NIEDERSCHLAGSFALLSTUDIEN AUS SATELLITENDATEN ÜBER DEM NORDATLANTIK UND MODELLVERGLEICHE

Christian Klepp, Deutschland

Zusammenfassung

Aus Satellitendaten abgeleitete und bodenvalidierte Datensätze von Fallstudien nordatlantischer Tiefdruckgebiete wurden untersucht um ein besseres Verständnis der Niederschlagsraten und Verteilung sowie anderer wichtiger Komponenten des atmosphärischen Wasserkreislaufes zu erhalten. Die Ergebnisse werden mit Community Modellen und anderen Niederschlagsdatensätzen verglichen und dokumentieren zum Teil erhebliche Fehler in der Niederschlagsverteilung in den Modellen.

Vorgehensweise

Drei polarumlaufende SSM/I Mikrowellenradiometer auf den DMSP Satelliten wurden genutzt um nordatlantische Zyklonenfallstudien zu untersuchen. Um eine komplette Datenabdeckung des Nordatlantiks mit guter raumzeitlicher Auflösung zu erhalten wurde die Multi Satelliten Methode entwickelt. Wichtige Komponenten des atmosphärischen Wasserkreislaufes wurden mit den SSM/I Bauer Algorithmen abgeleitet. Der untersuchte Schlüsselparameter ist die Niederschlagsrate. Diese Datensätze wurden validiert mit in-situ SYNOP Schiffsmessungen und VIS/IR Satellitendaten. Desweiteren wurde eine Vergleichsstudie mit verschiedenen SSM/I Niederschlagsalgorithmen (Bauer, Ferraro, Wentz, Wilheit) und Klimatologien (GPCP, ISCCP, HOAPS) und Modellen (EZMW, REMO) durchgeführt.

Ergebnisse

Der Winterzeitraum ist durch häufige intensive Tiefdruckgebiete über dem Nordatlantik gekennzeichnet. Kaltfronten erstrecken sich häufig über viele tausend Kilometer und reichen bis weit nach Süden. Hinter der postfrontalen Subsidenz bilden sich häufig zahlreiche Schauer in der Kaltluft. Zum Teil bilden sich Wolkencluster die mit schweren Niederschlagsereignissen einhergehen. Dies betrifft besonders die Region vor Neufundland, wo die kalte, arktische Luftmasse über das warme Golfstromwasser advehiert wird. Diese kleinräumigen Cluster können sich in kürzester Zeit zu kleinskaligen Tiefdruckgebieten, ähnlich den Polar Lows, entwickeln. Diese sehr wetterintensiven Rückseitenzyklonen erreichen maximale Durchmesser von 1500 km und produzieren in ihrer kurzen Lebensdauer schwere Niederschläge und hohe Windgeschwindigkeiten. Von allen getesteten Algorithmen ist ausschließlich der SSM/I Bauer Algorithmus sensitiv genug diese Gebilde mit genügender Genauigkeit zu erkennen. Die Validation dieser Niederschläge mit in-situ SYNOP Daten belegt einwandfrei die Existenz dieser Gebilde, die von keinem der gestesten Modelle erkannt werden. Dagegen ist die Übereinstimmung der Niederschlagserkennung und Niederschlagsraten bei Kalt- und Warmfronten sowie Zyklonensegebieten zwischen allen getesteten Algorithmen und Modellen gut. Die zusätzliche Auswertung der EZMW Druckfelder, sowohl der FG Daten als auch der Analysedaten, mit den in-situ SYNOP Druckdaten belegt die Existenz dieser kleinskaligen Rückseitenzyklonen. Der Modelldruck weicht ausschließlich in diesen Gebieten bis zu 11 hPa von den Messungen ab. Dies bewirkt die Nichtexistenz dieser Tiefdruckgebiete im Modell. Eine Verbesserung der Modelle um diese Prozesse wird angeregt. Darüberhinaus wird mit der Multi Satelliten Methode erstmals aufgezeigt, wieviel Niederschlag aus einer Zyklone während ihrer Genese fällt. Zusätzlich erfolgt eine Aufspaltung dieser Daten in die Teilbereiche Kalt- und Warmfront, Rückseite sowie Zyklonensestadien.

VARIABILITÄT DER GESAMTBEDECKUNG UND HÄUFIGKEIT EINZELNER WOLKENKLASSEN IN MITTELEUROPA IM ZEITRAUM 1989 BIS 2001 AUS SATELLITENDATEN

Dirk Koslowsky, Ines Langer, Andrea Östreich, Matthias Eckardt, Deutschland

Im Rahmen von GLOWA wurde eine Wolkenklassifikation auf Basis täglicher AVHRR Daten der Jahre 1989 bis 2001 vorgenommen. Da es in einem solchen Zeitraum bei AVHRR eine zeitliche Verschiebung des Beobachtungszeitpunktes gibt, wurden auch halbstündige Meteosatdaten mit schlechterer spektraler und räumlicher Auflösung klassifiziert. Damit erhält man einen Tagesgang der Bewölkung, der zur Homogenisierung der auf AVHRR-Daten basierenden Ergebnisse dient. Die zeitliche Variabilität läßt sich dann mit größerer Zuverlässigkeit bestimmen. Neben der mittleren Gesamtbedeckung und den Abweichungen davon für bestimmte Perioden werden auch ausgewählte Wolkenklassen hinsichtlich der Häufigkeit des Auftretens analysiert.

KONZEPT DES EU PROJEKTS "TOWARDS THE PREDICTION OF STRATOSPHERIC OZONE III"

Wolfgang Kouker, Deutschland

Im geplanten EU Projekt "Towards the prediction of stratospheric ozone III, TOPOZ III" wird das Problem der Partitionierung der Stickoxide (NO_y) der Stratosphäre untersucht. Hierzu gibt es erhebliche Verständnislücken bezüglich der verantwortlichen Prozesse, die sich in systematischen Diskrepanzen zwischen Analysen aus Feldmesskampagnen und Simulationsrechnungen mit Chemie-Transportmodellen (CTM) äußern auf ein nicht vollständiges Wissen um die in der Stratosphäre ablaufenden chemischen (homogenen wie heterogenen) Prozesse hindeuten. Diese Verständnislücken vermindern den wissenschaftlichen Wert gegenwärtiger Prognosen der stratosphärischen Ozonschicht mit Chemie-Klimamodellen (Chemical Climate Model, CCM).

In TOPOZ III, das für die Jahre 2002-2004 projektiert ist, arbeiten 12 Arbeitsgruppen, hiervon 3 an der Auswertung von ENVISAT Satellitendaten und MIPAS Ballondaten, 7 an CTM- und Datenassimilationsmodellierung und 2 an CCM Modellierung unter Koordination des Forschungszentrums Karlsruhe wie folgt am Problem der NO_y Partitionierung:

Die Daten von MIPAS-B werden im ersten Projektjahr und Daten der ENVISAT Instrumente MIPAS und SCIAMACHY, die operationell von der ESA und detailliert von den Projektpartnern ausgewertet werden, werden in den Folgejahren systematisch mit unterschiedlichen Ansätzen von CTM und Datenassimilationsmodellen verglichen. Hierdurch werden Verständnislücken sichtbar, die sowohl das Verständnis der chemischen Prozesse als auch ihre Modellierung verbessern. Diese Verbesserungen fließen in die CCM Modelle ein, um in TOPOZ III den wissenschaftlichen Wert von Prognosen der stratosphärischen Ozonschicht über Dekaden zu erhöhen.

Im Vortrag werden neben der Struktur des geplanten Projektes bereits erfolgte Vergleiche von MIPAS Ballonmessungen und den CTM Modellen KASIMA, SLIMCAT und REPROBUS vergangener Winter gezeigt.

**WASSERDAMPFMESSUNGEN MIT GPS-RADIOOKKULTATIONEN:
ERSTE ERGEBNISSE DER CHAMP-MISSION**

C. Marquardt, G. Beyerle, J. Wickert, T. Schmidt, Ch. Reigber, Deutschland

Radiookkultationsmessungen mit Hilfe von GPS-Signalen stellen eine neue und vielversprechende Fernerkundungsmethode zur Beobachtung der Erdatmosphäre dar. Signale eines im Horizont der Erde untergehenden GPS-Satelliten, die an Bord eines niedrig fliegenden Satelliten wie des kürzlich gestarteten deutschen CHAMP (Challenging Minisatellite Payload) empfangen werden, erlauben die Rekonstruktion von Brechungsindexprofilen in der Atmosphären. Neben Temperaturen in der Stratosphäre können daraus - unter Hinzunahme externer Temperaturinformationen - auch Wasserdampfprofile in der Troposphäre hergeleitet werden.

Dieser Beitrag gibt einen Überblick über die im Rahmen der CHAMP-Mission implementierten Retrievalalgorithmen für den Wasserdampf, und zeigt Validierungsergebnisse für eine vorangegangene amerikanische proof-of-concept Mission. Erste Erfahrungen mit CHAMP werden diskutiert.

FERNERKUNDUNG DES WOLKENWASSERS DREIDIMENSIONAL INHOMOGENER BEWÖLKUNG

Steffen Meyer, Deutschland

Bisherige Wolkenfernerkundungsverfahren auf der Basis von Strahlungstransportrechnungen verknüpfen die von der Wolke reflektierte solare und emittierte thermische Strahldichte mit bestimmten Wolkeneigenschaften unter der Annahme planparalleler homogener Bewölkung. Aufgrund des nichtlinearen Zusammenhangs zwischen Strahldichte und optischer Dicke bzw. Wolkenwasserpfad führt diese Annahme zu einer systematischen Überschätzung der reflektierten Strahldichte (bei festem Wolkenwasserpfad) bzw. zu einer systematischen Unterschätzung des fernerkundeten Wolkenwassers (bei fester Strahldichte).

Im Rahmen dieser Arbeit wird der Zusammenhang zwischen Flüssigwasserpfad (LWP) und solarer reflektierter und thermisch emittierter Strahlung unter Berücksichtigung des kompletten dreidimensionalen (3D) Strahlungstransportes in der 3D bewölkten Atmosphäre untersucht. Zur Bestimmung der Strahldichte wird das 3D Strahlungstransportmodell SHDOM (Spherical Harmonic Discrete Ordinate Method) auf 3D Wolkenfelder des nicht-hydrostatischen mesoskaligen Atmosphärenmodells GESIMA angewendet. Die horizontale Auflösung der Wolkenfelder beträgt 2 km. Die vertikale Auflösung reicht von 200 am Boden bis 1 km in 10 km Höhe. Um den Effekt von 3D Wolkenstrukturen in der operationellen Wolkenfernerkundung bestimmen zu können, wurden die fünf spektralen Kanäle (0.63, 0.85, 3.74, 10.8, 12.0 Mikrometer) des Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) ausgewählt auf den polarumlaufenden NOAA-Satelliten ausgewählt.

Wie zu erwarten, sind im 3D Fall die solaren Strahldichten mit geringerem LWP korreliert als im Falle planparalleler homogener Bewölkung. Dies ist besonders ausgeprägt für mittlere LWP. Die Korrelation zwischen LWP und 3D gerechneter Strahldichte nimmt mit ansteigendem LWP ab, verursacht durch den wachsenden Einfluss benachbarter Wolkenzellen aufgrund des zunehmenden horizontalen Strahlungstransports. Aus der Güte der Korrelation zwischen Strahldichte und LWP werden die charakteristischen Fehler in der LWP-Fernerkundung aufgrund der 3D Wolkenstruktur und der spektral limitierten Anzahl der Messungen abgeschätzt.

THE POLARIZATION CHARACTERISTICS OF RANDOMLY ORIENTED NONSPHERICAL ICE PARTICLES IN MM AND SUB-MM FREQUENCY RANGE: IMPLICATIONS TO THE REMOTE SENSING OF CIRRUS CLOUDS USING SATELLITE MICROWAVE RADIOMETRY

J. Miao, S. Buehler, K. Kunzi, Deutschland

Recent studies have shown that multi-channel radiometric measurements from satellite in the mm and sub-mm frequency range may be very useful in quantitatively determining the integrated ice content and the characteristic particle size of cirrus clouds. In modelling the radiative transfer of cirrus clouds, researchers are usually assuming that the ice particles have some typical shapes and aspect ratios. There is a general shortage of a systematic survey of how the ice particle shape and aspect ratio influence the radiative transfer of cirrus clouds in the mm and sub-mm frequency range. To make efforts in this direction, we present in this paper a systematic survey of the single scattering properties, especially those related to the depolarization effects, for randomly oriented non-spherical particles, in the frequency range from 90 GHz to about 900 GHz. The software packages used are those provided by Mishchenko (the T-matrix Method) and by Draine and Flatau (the DDA method). The particle shapes surveyed include three types: the nearly spherical, the cylindrical and the plate-form particles. The single scattering properties of the nearly spherical particle is represented by the average of those calculated for spheroids and cylinders with aspect ratio less than 1.5. The aspect ratio denotes the ratio of maximum dimension to the minimum dimension of the particle. For cylindrical (plate-form) particles we use the circular cylinder (plate) as a representative, because we find that for random orientation the difference between a circular and a hexagonal cylinder (plate) is rather small.

For nearly spherical particles, the integral photometric characteristics (scattering and absorption cross section, single scattering albedo, etc.) are very close to those of equivalent sphere. However, the scattering matrices in the two cases are rather different, especially in s_{21} , which is directly related to the depolarization effect of the particle. In Rayleigh region, where a prominent feature of scattering is the nearly full depolarization in the direction of 90 degree of scattering angle, the difference between sphere and the nearly spherical particle is small. But as the particle becomes larger and the scattering is beyond the Rayleigh region, the difference becomes rather prominent. Sphere shows a very strong oscillation with the change of particle size in the ratio of $-s_{21}/s_{11}$, i.e. the degree of linear polarization, in nearly all scattering angles; whereas the nearly spherical particle shows a much weak oscillation in $-s_{21}/s_{11}$. If averaged through a smooth size distribution (Gamma distribution are used here), the difference becomes much smaller, but not disappearing. By ignoring the multiple scattering effect, we find, for a thin cirrus cloud, the polarization difference observed from satellite has a unique relationship with the particle size, i.e., the polarization difference show its maximum response at a size which is proportional to the observing frequency. At frequencies of 90, 157, 220, 340, 463, 683, and 874 GHz, the corresponding maximum response particle sizes, when expressed in the median mass diameter of the equivalent mass sphere, are approximately 1000, 750, 450, 300, 200, 150, 100 Micron. This feature implies that polarization difference measurements at multiple channels may be more suitable to determine the characteristic particle size of cirrus clouds than intensity measurements.

For cylindrical and plate-form particles, we found that their polarization characteristics departure significantly from that of sphere. With the increase of the aspect ratio, the Rayleigh region for both cylinder and plate expands to large particle sizes, although in a different rate. This expansion is especially significant for cylinder. For example, at 463 GHz, a particle with the maximum size of 2 mm will be far beyond the Rayleigh scattering region if it is a sphere. But, when it is a cylinder with a aspect ratio of 10, it is still within Rayleigh region. This means, this particle behaves like a sphere with a size much smaller than 2 mm. Because of the expansion of Rayleigh region, the position of the maximum polarization difference observed from satellite will shift to larger particle size, as the the aspect ratio of the particle increases. Therefore, multi-channel measurements of polarization difference from satellite may also help to precisely determine the particle shape.

NACHWEISBARKEIT VON STE-PROZESSEN MIT MIPAS-ENVISAT AM BEISPIEL VON WASSERDAMPF

Mathias Milz, Deutschland

Die Kenntnis globaler Wasserdampf-Verteilungen in der oberen Troposphäre sind im Zusammenhang mit dem Treibhauseffekt zur Abschätzungen des Strahlungshaushaltes von großer Bedeutung. Gerade im Bereich der oberen Troposphäre und unteren Stratosphäre ist die Kenntnis der Verteilung von Wasserdampf aufgrund dessen Eignung als atmosphärischer Tracer für die Beobachtung von Austauschprozessen in der Tropopausenregion (STE) interessant. Das satellitengetragene "Michelson Interferometer für Passive Atmosphärische Sondierung" (MIPAS) auf Envisat ist ein spektral hochauflösendes Fourierinterferometer das im Horizontsondierungsmodus in Emission arbeitet. Das vertikale Gesichtsfeld des Instruments ist mit 3 - 4 km sehr groß verglichen mit den zu erwartenden Ausdehnungen vertikaler Strukturen im Wasserdampfprofil der Tropopausenregion und der oberen Troposphäre. Daher kommt der Optimierung der Höhenauflösung eine besondere Bedeutung zu. Die Zufallsfehler einer Messung und die Auflösung verhalten sich gegenläufig. Um die Datenmenge zu reduzieren und die Auswertung der Spektren zu optimieren, werden für die Auswertung kleine Bereiche der gemessenen Spektren, sogenannte Auswertefenster bzw. Microwindows, ausgewählt. Für den Höhenbereich von 5 - 29 km wurde die Ableitbarkeit von tropischen Wasserdampfprofilen hinsichtlich der erreichbaren Genauigkeit und vertikalen Auflösung abgeschätzt.

Ausgehend von einem MIPAS-Standard-Messszenario mit 3 km Tangentenhöhenabstand werden Profile auf einem Gitter mit 1 km Abstufung abgeleitet. Der Gesamtfehler des Ergebnisses setzt sich aus drei Fehlerkomponenten zusammen: Der auf das ermittelte Profil übertragene Zufallsfehler des gemessenen Spektrums, die Unsicherheit der in der Berechnung des Spektrums nicht variierten Parameter und der Glättungsfehler, der sich aus dem begrenzten vertikalen Auflösungsvermögen des Instruments und dem Einfluss der verwendeten Regularisierung ergibt. Für die Ableitung von Wasserdampf in einer tropischen Atmosphäre ergibt sich ein Zufallsfehler von etwa 10 %. Der systematische Fehler nimmt Werte von ca. 10 % in der unteren Stratosphäre und von ca. 20 % in der oberen Troposphäre der Tropen an. Für verschiedene Skalenlängen für die aufzulösenden vertikalen Strukturen wurde der Glättungsfehler abgeschätzt. Je geringer die Ausdehnung vertikaler Strukturen ist, umso größer wird der Fehlerbeitrag.

Durch Hinzunahme der Temperatur als weitere gesuchte Größe können die Fehler, die durch die in diesen Höhen auftretende erhöhte Temperaturabhängigkeit der verwendeten Spektrallinien des Wasserdampfes aufgrund deren Sättigung teilweise kompensiert werden. Der abgeschätzte systematische Fehler wird dadurch teilweise um 10 % reduziert. Durch die notwendige Verwendung eines für diese Anwendung optimierten Satzes von spektralen Auswertefenstern ergibt sich eine Verringerung des Glättungsfehlers bei einer leichten Erhöhung des Zufallsfehlers als Reaktion auf eine verringerte Anzahl spektraler Messwerte.

Messungen auf einem feineren Gitter mit 1,5 km Tangentenabstand liefern in der Tropopausenregion etwas bessere Ergebnisse. Dies gilt vor allem für die höhere vertikale Auflösung die sich von 3 - 3,5 km auf ca. 2 - 2,5 km verbessert.

MIPAS auf Envisat wird in tropischen Regionen in der Lage sein, Wasserdampfprofile der unteren Stratosphäre mit hinreichender Genauigkeit zu messen. Es wird möglich sein, stratosphärische und troposphärische Luftmassen anhand des Wasserdampfgehaltes zu unterscheiden. Zusammen mit Messungen in subtropischen Bereichen sollte eine Untersuchung der "Tropical-Pipe" Theorie für STE-Prozesse und stratosphärische Transporte aus den Tropen heraus möglich sein.

A LINEARIZED RADIATIVE TRANSFER MODEL FOR WEIGHTING FUNCTIONS CALCULATION IN LIMB VIEWING GEOMETRY

A. Rozanov, V. Rozanov, J. P. Burrows, Deutschland

The Scanning Imaging Absorption Spectrometer for Atmospheric Cartography (SCIAMACHY) which will be launched on board the European Environment Satellite (ENVISAT-1) in 2001 is one of the newest space-borne instruments intended to improve our knowledge of the atmospheric physics and chemistry. The SCIAMACHY instrument will measure the scattered and reflected spectral radiance in nadir and limb geometry and the spectral radiance transmitted through the atmosphere in solar/lunar occultation geometry in the spectral region 240 – 2380 nm.

For each observation mode, an appropriate radiative transfer model and retrieval algorithm are required. To retrieve trace gas vertical profiles from satellite measurements an inversion algorithm is required which uses weighting functions of atmospheric parameters of interest supplied by a radiative transfer model. The weighting functions for occultation and nadir measurements are well-studied. The methods to calculate them analytically or quasi-analytically, respectively, can be found elsewhere.

An accurate calculation of the weighting functions for limb measurements requires the radiative transfer to be considered in a spherical atmosphere. At present, fully spherical weighting functions can only be obtained either running a Monte Carlo model or by numerical perturbations applied to some other fully spherical radiative transfer model. Such calculations, however, are extremely time consuming. Therefore, these methods can not be used for the retrieval of limb measurements performed in wide spectral range.

The purpose of this work is to evaluate approximate quasi-analytical weighting functions for limb viewing geometry calculated with a simplified radiative transfer model for a spherical atmosphere. The quasi-analytical weighting functions are derived employing a recently developed Combined Differential-Integral (CDI) approach. The accuracy of the approximate weighting functions is estimated by comparing to the spherical weighting functions obtained by numerical perturbations using a fully spherical radiative transfer model.

DER EINFLUSS VON KRISTALLFORM- UND GROESSENVERTEILUNGEN AUF DIE SOLAREN STRAHLUNGSFELDER VON CIRRUSWOLKEN

Ingo Schlimme, Andreas Macke, Deutschland

Mehr als 20 Prozent unseres Planeten sind permanent von Cirruswolken bedeckt. Im Gegensatz zu niedrigen und mittelhohen Wasserwolken koennen Cirren sowohl zu einer Erwaermung als auch zu einer Abkuehlung des Systems Erde/Atmosphaere fuehren, je nach Wolkendicke und mikrophysikalischen Wolkeneigenschaften. Hinzu kommt, dass aufgrund des erhoehnten Flugverkehrs in grossen Hoehen vermehrt anthropogen verursachte Cirren entstehen, deren mikrophysikalische Eigenschaften sich von denen natuerlicher Cirren unterscheiden. Sowohl in der Strahlungsbilanzrechnung als auch in der Fernerkundung des Eiswassergehaltes bzw. der optischen Dicke von Cirren muessen stets a priori Annahmen ueber typische Kristallformen und Groessenverteilungen gemacht werden. Ziel dieser Arbeit ist die Bestimmung der Unsicherheit in diesen beiden Problemstellungen, die aus der Unkenntnis der tatsaechlichen mikrophysikalischen Eigenschaften entstehen. Hierzu werden mit Hilfe eines Monte Carlo Strahlungstransportmodelles die spektralen und breitbandigen solaren Reflexions- und Transmissionseigenschaften unter Variation der Kristallform- und Groessenverteilung durchgefuehrt. Es werden hexagonale Zylinder (Saeulen und Platten), Flaschenprismenbuendel und irregulaere Kristalle unterschieden. Weiterin wird eine Vielzahl von Groessenverteilungen beruecksichtigt, die aus mehreren internationalen Feldexperimenten (FIRE, ICE/EUCREX, CEPEX) in situ gewonnen wurden. Die Kristalltypen werden einzeln und gemischt den jeweiligen Groessenverteilungen zugeordnet. Bei fester optischer Dicke variiert die Albedo und die Gesamttransmission deutlich mit dem Kristalltyp und nur gering mit der Form der verwendeten Groessenverteilung. Konkrete Zahlen zur prozentualen Unsicherheit in der Albedo und in den reflektierten Strahldichten werden fuer 12 solare Spektralbereiche und fuer das komplette solare Spektrum vorgestellt. Zusaeztlich wird anhand von Raman-Lidarmessungen der vertikalen und horizontalen Extinktiobsverteilung der Einfluss von Wolkeninhomogenitaeten auf die Strahlungseigenschaften untersucht.

ATMOSPHÄRISCHER GESAMTWASSERDAMPF IN POLARGEBIETEN

Nathalie Selbach, Hendrik Laue, Georg Heygster, Deutschland

Es wurde ein Verfahren zur Bestimmung des atmosphärischen Gesamtwasserdampfes (TWV) im Bereich von 0 - 6 kg/m² aus Daten des Wasserdampfsondierers SSM/T2 entwickelt (Miao et al., 2001). Eigentliche Aufgabe dieses Sondierers ist (analog zu AMSU-B auf NOAA, HSB auf TERRA und MHS auf METOP) die Bestimmung der Feuchteprofile in tropischen und mittleren Breiten aus passiven Mikrowellenmessungen an der Flanke der Wasserdampfabsorptionslinie bei 183 GHz. In polaren Gebieten ist der TWV jedoch so gering, daß die Atmosphäre in diesem Frequenzbereich nahezu durchsichtig ist und die Gewichtungsfunktionen alle ihr Maximum in Bodennähe haben. Deshalb galten die SSM/T2-Daten der polaren Gebiete bislang als nicht auswertbar. Grundlage des Verfahrens ist die Betrachtung von Quotienten μ von Differenzen von Helligkeitstemperaturen bei benachbarten Frequenzen, bei denen die Bodenemissivität als gleich angesehen werden kann. Dann hängt der betrachtete Ausdruck μ hängt nur noch von der atmosphärischen Opazität ab, welche im wesentlichen vom TWV bestimmt ist. Für die weiter entfernte Frequenz 150 GHz, wo die Voraussetzung identischer Bodenemissivitäten nicht mehr gegeben ist, werden mit Hilfe der Formulierung der Strahlungstransportgleichung von Guissard und Sobieski (1994) Korrekturen durchgeführt. So konnten erstmals tägliche flächenhafte Daten des TWV in polaren Gebieten vorgelegt werden. Eine Erweiterung dieses Verfahrens zu höheren TWV-Werten ist geplant. Auf Grund von Sättigungseffekten der höheren Kanäle wird dazu auch der 92 GHz-Kanal des SSM/T2 benötigt. Auch hier gilt die Annahme gleicher Bodenemissivität nicht mehr und zur TWV-Berechnung muß ein Term einfließen, der die unterschiedlichen Bodenemissivitäten berücksichtigt. Diese sind über Meereis bei Frequenzen über 100 GHz jedoch weitgehend unbekannt. Es werden zwei Verfahren zur Bestimmung der Bodenemissivität bei den SSM/T2-Frequenzen vorgestellt. Das erste kombiniert die SSM/T2-Daten mit Radiosondendaten (Laue, 1999). Das zweite Verfahren ist die direkte Messung. Im März dieses Jahres findet hierzu im Rahmen des EU-geförderten Projektes SEPOR (Surface Emissivities in POlar Regions) mit der C-130 des UKMO eine Flugzeug-Meßkampagne in der Arktis statt. Es sollen Meßflüge über verschiedenen arktischen Eistypen durchgeführt werden, um die Bodenemissivität zu bestimmen. Für mehrjähriges Eis werden dies die ersten Emissivitätsmessungen über 100 GHz sein. Die auf der Kampagne gewonnenen Daten sollen sowohl zur Validierung der bisher vorhandenen Verfahren dienen als auch die Datengrundlage für die Erweiterung des oben erwähnten TWV-Algorithmus bilden. Erste Ergebnisse der Kampagne werden präsentiert.

STRAHLUNGSFLUSS-DIVERGENZPROFILE AUS SATELLITENDATEN

Oliver Sievers, Rainer Hollmann, Deutschland

Im Rahmen der neuen Generation von Meteosat-Satelliten (MSG) werden Zusammenhänge zwischen Strahlungsmessungen der MSG-Instrumente (GERB und SEVIRI) und Profilen der vertikalen Strahlungsfluss-Divergenz untersucht. Diese werden unter anderem zur Untersuchung von Strahlungsantrieben und Wolkenentstehungsprozessen sowie zur Modellvalidation benötigt. MSG bietet hierbei den Vorteil einer hohen räumlichen und zeitlichen Auflösung. So können zeitliche Veränderungen im Abstand von 15 Minuten auf einer horizontalen Skala von bis zu einem Kilometer beobachtet werden. Insgesamt 12 schmalbandige und 2 breitbandige Kanäle stehen zur Verfügung.

Die Modifikation von Strahlungsflüssen erfolgt in der Atmosphäre in erster Linie durch Wolken, so dass der Schwerpunkt der Arbeit auf der Betrachtung der Wechselwirkung zwischen Wolken und Strahlung liegt. Diese Betrachtung erfolgt hierbei in zwei Abschnitten. Einerseits muss mit Hilfe eines Datensatzes der Zusammenhang zwischen spektralen Strahldichten am Satelliten und Strahlungsfluss in der Atmosphäre hergestellt werden. Dieser Datensatz wurde mit einem eindimensionalen Strahlungstransportmodell (dem Modell "Streamer" der Universität Boston) erzeugt, wobei verschiedene Wolken- und atmosphärische Parameter variiert wurden. Zur Untersuchung des Datensatzes dient ein Neuronales Netzwerk.

Da bei der Erstellung des Datensatzes aus Kapazitätsgründen nur planparallele, nicht überlappende Schichtwolken berücksichtigt werden können, wird in einem separaten Teil der Einfluss von Inhomogenitäten innerhalb der Wolke auf die Strahlung untersucht. Dies geschieht mit dem dreidimensionalen Strahlungstransportmodell "Grimaldi" von der Universität Kiel, das auf der Monte-Carlo-Methode basiert. Sowohl horizontale als auch vertikale Inhomogenitäten werden betrachtet, wobei letzteres auch den Fall von überlappenden Wolkenschichten beinhaltet.

In diesem Vortrag werden erste Ergebnisse präsentiert.

DAS POTENTIAL DES SATELLITEN ENVISAT ZUR ERFORSCHUNG DER CHEMIE DER OBEREN TROPOSPHÄRE

Olaf Stein, Franz Rohrer, Deutschland

Die globale Troposphäre kann man sich als großen Reaktor vorstellen, in den Spurengase durch natürliche oder anthropogene Emissionen gelangen und hauptsächlich durch photochemische Prozesse wieder abgebaut werden. Die Emissionsstärken, eventuell ein zusätzlicher photochemischer Aufbau und die durch die Photochemie festgelegte Lebensdauer bestimmt dabei die in der Troposphäre vorhandene Menge dieser Stoffe. Bestimmte Spurengase wie Methan oder Ozon, aber auch die nur durch physikalische Prozesse beeinflussten Gase wie Wasserdampf tragen dabei zum globalen Treibhauseffekt bei und sind deswegen für das Klima mitbestimmend. Von besonderem Interesse sind hier die Konzentrationen dieser Spurengase in der oberen Troposphäre, da sie in diesem Teil der Atmosphäre aufgrund der tiefen Temperatur besonders effektiv zum Treibhauseffekt beitragen. Da die Lebensdauer vieler Spurenstoffe in der oberen Troposphäre verglichen mit der planetaren Grenzschicht sehr lang ist und gleichzeitig die Temperatur sehr niedrig ist, spielen selbst kleine Quellen einiger Spurenstoffe wie zum Beispiel Stickoxide oder Formaldehyd eine vergleichsweise wichtige Rolle für die Chemie der oberen Troposphäre und für Klimaänderungen.

Leider ist die obere Troposphäre ein schwer zugänglicher Teil der Atmosphäre. Bisher waren hier fast ausschließlich Messungen mit flugzeuggetragenen Systemen möglich. Diese sind sehr aufwendig und liefern vom Prinzip her immer nur einen räumlich stark eingeschränkten Schnappschuss der gerade vorhandenen Situation. Deswegen konnten in der Vergangenheit nur regionale 'Fallstudien' mit eingeschränkter Aussagekraft durchgeführt werden. Von einer auch nur annähernd globalen Bedeckung oder gar einer Klimatologie ist man weit entfernt und insgesamt sind die Kenntnisse über die physikalischen und chemischen Prozesse in der oberen Troposphäre bisher sehr eingeschränkt.

Einen großen Schritt nach vorn können hier die ENVISAT-Satellitenmessungen in der oberen Troposphäre bedeuten, da sie erstmals in globalem Maßstab eine sehr gute räumliche und zeitliche Abdeckung mit Messdaten ermöglichen. Mit seinen in Deutschland entwickelten SCIAMACHY- und MIPAS- Instrumenten mit der Möglichkeit eines Limb-Scan für UV-absorbierende Spurenstoffe wie Ozon, NO_2 und Formaldehyd und für IR-aktive Spurenstoffe wie Ozon, Wasser, N_2O , HNO_3 , NO_2 etc. soll eine vertikale Auflösung von etwa 3 km in der oberen Troposphäre erreicht werden.

Zur Zeit werden am Forschungszentrum Jülich Auswertestrategien für Satellitendaten der oberen Troposphäre auf der Basis von Modellrechnungen mit globalen Chemie-Transportmodellen (CTM) entwickelt. Damit sind Korrelationen zwischen Spurenstoffen wie CO , NO_x , N_2O , O_3 , H_2O , HCHO etc. gemeint, die Aufschluss über die Herkunft der Luftmassen gestatten. So könnte z.B. eine regional gute Korrelation zwischen Wasser und NO_x bei gleichzeitig niedrigem CO auf hochreichende Konvektion und Produktion von Stickoxiden durch Blitze hindeuten. Diese Strategien sollen dann, sobald ENVISAT-Daten für die obere Troposphäre vorliegen, schnellstmöglich angewendet werden. Damit wird eine unverzügliche Interpretation der Daten möglich.

Die Ergebnisse sollen dazu dienen, Aussagen über Quellen von Spurengasen in der oberen Troposphäre direkt aus Satellitendaten zu gewinnen. Da die Ergebnisse des CTM simultan den gleichen Korrelationsmethoden unterworfen werden, können durch die Offenlegung von Diskrepanzen zu den Satellitenergebnissen Fehler im Modell erkannt und evtl. behoben werden.

INITIALISIERUNG VON WOLKEN IM LOKAL-MODELL MIT METEOSAT-MESSUNGEN

F. Ament, G. Haase, C. Simmer, Deutschland

Moderne mesoskalige Modelle wie das Lokal-Modell (LM) des Deutschen Wetterdienstes (DWD) erreichen zunehmend eine räumliche Auflösung, bei der Wolken nicht länger parametrisiert werden müssen, sondern explizit modelliert werden können. Diese neue Eigenschaft der Modelle kann aber nur dann zu einer Verbesserung der Bedeckungsvorhersage führen, wenn auch im Anfangszustand Wolken mit entsprechend hoher Auflösung erfaßt sind. Nur Fernerkundungssysteme, vor allem Satelliten, können diese Information zur Verfügung stellen. Bei der Assimilation dieser Wolkeninformation in Modelle muß die starke Korrelation der Variable Wolkenwasser mit den anderen prognostischen Größen, insbesondere mit der Feuchte und der Temperatur, beachtet werden. Gibt man dem Modell einen unbalancierten Anfangszustand vor, in dem diese Koppelungen unberücksichtigt bleiben, so geht die zusätzlich eingebrachte Wolkeninformation rasch verloren und das Modell fällt in seinen ursprünglichen Zustand zurück. Eine optimale Balance könnten variationelle Verfahren, wie z.B. 4dVAR, gewährleisten. Ihre Anwendung birgt jedoch wegen der vielen nichtlinearen und irreversiblen Prozessen im hydrologischen Zyklus und wegen des enormen Rechenaufwands große Probleme. Eine Alternative bietet die physikalische Initialisierung, in der stark vereinfachte Zusammenhänge zur Beschreibung dieser Balance genutzt werden.

Das in diesem Beitrag dargestellte einfache physikalische Initialisierungsverfahren baut auf der Annahme auf, daß Wolken sich passiv, gleichsam als Tracer, in der horizontalen Strömung bewegen. Es eignet sich deshalb zur Initialisierung von Stratocumulus-Bewölkung; konvektiv oder frontal bedingte Bewölkung kann hingegen nur schlecht assimiliert werden. Im ersten Schritt des modular aufgebauten Verfahrens werden aus dem sichtbaren (VIS) und infraroten (IR) Bild von Meteosat eine binäre Wolkenmaske und die Wolkenoberkantenhöhe auf dem LM-Gitter bestimmt. Im zweiten Modul wird diese Wolkenanalyse durch statistische Interpolation der Analyse um die Wolkenunterkantenhöhe und den integrierten Flüssigwasserpfad (LWP) ergänzt. Am Schluß steht die eigentliche Initialisierung, in der die prognostischen Felder Feuchte, Flüssigwassergehalt und Temperatur so modifiziert werden, daß sie mit der Wolkenanalyse verträglich sind. Säulenweise wird ein mit dem LWP skaliertes Flüssigwasserprofil eingefügt, bzw. das Flüssigwasser entfernt. Die Feuchte wird gemäß der Sättigungsadjustierung angepaßt und die Temperatur zur Vermeidung von Schwerewellen so korrigiert, daß der Auftrieb konstant bleibt.

Anhand von Fallbeispielen wird dargestellt, auf welchen zeitlichen und räumlichen Skalen das Verfahren eine Verbesserung der Bedeckungsvorhersage erreicht. Zudem werden Methoden zur Fehleranalyse vorgestellt, mit denen bestimmt werden kann, welche weiteren Koppelungen der prognostischen Felder berücksichtigt werden müssen, um ein Verfahren mit breiterem Anwendungsbereich zu entwickeln

PHYSIKALISCHE INITIALISIERUNG DES LM MIT RADARMESSUNGEN

Günther Haase, Clemens Simmer, Werner Wergen, Deutschland

Die Vorhersage von Niederschlag mit numerischen Wettervorhersage (NWV) - Modellen hängt stark von der Repräsentation des Anfangszustands der Atmosphäre sowie der Parametrisierung von Niederschlag im Modell ab. Ein Fehler im Anfangszustand kann zu drastischen Variationen in den modellierten Niederschlagsfeldern führen. Typischerweise werden die Modellläufe ohne Flüssigwasser initialisiert, sodaß mehrere Stunden vergehen bis sich der hydrologische Zyklus eingestellt hat (Spinup-Zeit). Eine mit dem Modell konsistente Assimilation von Niederschlag reduziert diese Zeit erheblich, wodurch Nowcasting möglich wird. Zusätzlich wird die Vorhersage des Bodendrucks, des Niederschlags und des Windfelds verbessert.

Die zunehmende Verfügbarkeit von Fernerkundungsdaten mit hoher Qualität sowie die Entwicklung leistungsstarker Rechner erlauben den effizienten Nutzen dieser Daten in NWV-Modellen. In der Präsentation wird die Assimilation von Niederschlagsintensitäten aus Radarmessungen in das nicht-hydrostatische Lokal-Modell (LM) des Deutschen Wetterdienstes (DWD) vorgestellt. Das Modellgebiet im Norden Deutschlands umfasst ca. 400 x 400 qkm (2,8 km horizontaler Gitterpunktabstand, 35 vertikale Schichten). Derzeit werden als Eingangsdaten die operationell erstellten nationalen Kompositbilder des DWD-Radarverbunds verwendet. Die Nutzung von Volumendaten ist geplant. Zunächst werden die Radarprodukte für die physikalische Initialisierung (PI) aufbereitet und die Wolkenober- und -untergrenzen aus der Analyse bzw. aus Messungen abgeleitet. Anschließend werden die LM-Profile von Flüssigwasser, spezifischer Feuchte und Vertikalwind in einer Weise modifiziert, daß der beobachtete Niederschlag mit dem Modell simuliert wird. Die Berechnung des Vertikalwinds erfolgt unter Annahme eines vereinfachten Niederschlagsmechanismus, wobei die Form des Profils im wesentlichen von der Regenrate, der Wolkenober- und -untergrenze sowie der Umsetzungseffizienz von gesättigter Luft in Niederschlag abhängt.

In einer Fallstudie für eine Wetterlage mit überwiegend konvektivem Niederschlag wurden Initialisierungs-Experimente über unterschiedliche Zeiträume durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen, daß sich das PI-Verfahren für die Initialisierung mesoskaliger Modelle mit Radardaten grundsätzlich eignet. Spinup- und Positionsfehler werden deutlich reduziert. Allerdings ist die Methode derzeit auf die Assimilation von kleinskaligem Niederschlag beschränkt, was zur Folge hat, daß der positive Einfluß auf die Niederschlagsvorhersage nur wenige Stunden anhält. Zum Vergleich werden Ergebnisse mit dem Latent Heat Nudging gezeigt. In dieser beim DWD implementierten Methode werden die Temperatur und die spezifische Feuchte modifiziert.

DATENASSIMILATION FÜR DIE CHEMIE-TRANSPORT-RECHNUNG MIT HILFE DER OPTIMALEN INTERPOLATION

Johannes Flemming, Deutschland

In den letzten Jahren wurden verschiedene Arbeiten durchgeführt, um die in der numerischen Wettervorhersage etablierten Methoden der Datenassimilation auf die Chemie - Transport -Modellierung anzuwenden. Bei dieser Übertragung müssen jedoch die Besonderheiten der Immissionsmessungen und die andere Struktur der zugrundeliegenden Modellgleichungen berücksichtigt werden: Die Immissionsmessungen zeichnen sich durch starke Inhomogenitäten hinsichtlich der klimatischen Eigenschaften (Regimes), der räumlichen Repräsentativität und der Messnetzdichte aus. Die Bilanzgleichung der Modelle wird durch starke Quellterme aufgrund der Emissionen und der Chemischen Umwandlungen bestimmt.

Ein Analyseschema auf Basis der Optimalen Interpolation wurde an der FU-Berlin entwickelt, um bodennahe Messungen der Ozon und NO_x - Immission in die Felder des Ausbreitungsmodells REM3 zu assimilieren. Das Modellgebiet von REM3 umfasst Mittel- und Westeuropa bis zu ca. 3 km Höhe. Das Verfahren berücksichtigt die unterschiedliche Repräsentativität der Messungen mit individuellen Beobachtungsfehlervarianzen. Die Inhomogenität der Immissionsfelder wird durch inhomogene Backgroundfehlerkovarianzen erfasst. Die Kovarianzmodelle wurden mit der Beobachtungsmethode bestimmt.

Die Analysen der Immission werden für die Initialisierung der seit Sommer 1997 operationell durchgeführten Prognosen der großräumigen Ozonsituation des Ausbreitungsmodell REM3 verwendet. Der Einfluss dieser Initialisierung auf das Vorhersageergebnis wird diskutiert. Da im operationellen Zeitrahmen nur die Messungen der Ozonkonzentration in Deutschland erhältlich sind, wurden diagnostische Rechnungen mit einer Initialisierung mit allen erhältlichen Daten, insbesondere der NO_x -Immission durchgeführt, um das Modellgedächtnis hinsichtlich der Initialisierung umfassender zu untersuchen.

In Zukunft ist eine Verwendung eines Kalman - Bucy - Filter Ansatzes für die Datenassimilation geplant. Die hierbei prognostizierten Backgroundfehlerkovarianzen können mit denen aus der Beobachtungsmethode gewonnenen Werten verglichen werden.

Neben der Initialisierung werden die Analysen für eine skalengerechte Darstellung der Immissionsituation zur Bewertung der Luftgüte eingesetzt.

EINSATZ FREI VERFUEGBARER SOFTWARE-BAUSTEINE ZUR BERECHNUNG VON STROEMUNGSVORGAENGEN UM HINDERNISSE

David Grawe, Deutschland

Das 'World Wide Web' entwickelt sich immer mehr zu einer Fundgrube von Informationen verschiedenster Art. Viele Wissenschaftler gehen dazu ueber, ihre Erkenntnisse und Entwicklungen auf diesem Wege einer breiten Oeffentlichkeit zugaenglich zu machen. Dadurch wird es zukuenftig auch Teil der Arbeit eines Meteorologen sein, verfügbare Software-Bausteine fuer eine bestimmte Problemstellung auszuwaehlen und sinnvoll miteinander zu verknuepfen.

Heute verfügbare numerische Stroemungsmodelle sind fuer einfache umweltmeteorologische Problemstellungen oftmals zu aufwaendig und auch kostenintensiv und damit nicht fuer die praktische Anwendung optimiert. Ein effizientes und kostenfrei ueber das Internet erhaeltliches Modell zur Berechnung von Wind- und Turbulenzfeldern in der Hindernisschicht wuerde diese Luecke fuellen.

Der Meteorologe kann die Verfügbbarkeit von Software-Bausteinen ueber das Internet nutzen, um mehrere Komponenten zu einem solchen Modell zu kombinieren. Ein wesentlicher Teil der zeitaufwaendigen Entwicklungsarbeit entfaellt somit.

Im Rahmen einer Diplomarbeit wird hierzu untersucht, inwieweit die zur Zeit frei verfügbaren Programme auf die atmosphaerische Grenzschicht anwendbar sind. Hierbei wurde im Wesentlichen nach den folgenden Kriterien ausgewaehlt: Die Software muss kostenlos zur Verfügung stehen und der gesamte Quellcode muss enthalten sein, damit Weiterentwicklungen moeglich sind. Die Software soll kompakt und effizient sein, um auf PCs lauffaehig zu sein, da diese die auf der Anwenderseite verbreitetste Hardware darstellen. Ebenfalls sollen alle Komponenten weitgehend unabhaengig von der verwendeten Plattform sein, also auf Windows- wie UNIX-Betriebssysteme portierbar. Aus diesem Grund wird auch die Programmiersprache C bevorzugt.

Nach diesen Kriterien wurde der mehrgitterfaehige Gleichungsloeser UG vom IWR der Universitaet Heidelberg gewaehlt. Die mitgelieferten Navier-Stokes- Applikationen stehen in zwei und in drei Dimensionen zur Verfügung und basieren auf LES.

Es werden Testrechnungen fuer die durch einfache Hinderniskonfiguration gestoerte Grenzschicht durchgefuehrt und diese werden mit Windkanalmessungen aus der CEDVAL-Datenbank der Universitaet Hamburg verglichen.

AUFBAU UND ENTWICKLUNG DER METEOROLOGISCHEN DATENBANK AM POTSDAM-INSTITUT FÜR KLIMAFOLGENFORSCHUNG

H. Österle, Deutschland

Die erste Etappe der meteorologischen Datenbank wurde am PIK 1995_96 aufgebaut. Sie enthält tägliche Daten (Lufttemperatur (Tagesmittel, Tagesmaximum, Tagesminimum), Niederschlagshöhe, relative Luftfeuchte, Bewölkung, Sonnenscheindauer, Luftdruck, Wind, Dampfdruck) von ungefähr 2500 meteorologischen Stationen weltweit; und ein Software_Paket um die notwendigen Informationen über vorhandenen Daten zu erhalten, die gewünschten Daten abzurufen oder statistisch_klimatologische Auswertung der Daten durchzuführen.

In den letzten Jahren wurde die Datenbank des PIK's wesentlich weiter entwickelt:

- die täglichen Daten werden jedes zweite Jahr mit aktuellen Daten ergänzt. Die Anzahl der Stationen beträgt gegenwärtig ca. 2800;
- seit 1996 werden in die Datenbank monatlich aktuelle Monatsmittelwerte von weltweit ~1800 synoptischen Stationen gespeichert (Lufttemperatur (Tagesmittel, Tagesmaximum, Tagesminimum), Niederschlagshöhe, Sonnenscheindauer, Luftdruck, Dampfdruck). Die Daten werden seit 2000 auch räumlich kontrolliert. Die Kontrolle läuft auf Basis eines statistischen selbstlernenden Verfahrens;
- die täglichen Daten der deutschen Stationen werden, mit Hilfe von Informationen über die Stationsverlegungen und Daten von Referenzstationen, homogenisiert und die Lücken, unter Verwendung von Daten in der Nähe liegender Referenzstationen, ergänzt;
- Es wurden Regressions_gleichungen entwickelt, die es erlauben für alle deutschen Stationen aus der täglichen Sonnenscheindauer und der relativen Feuchte die tägliche Globalstrahlung zu berechnen
- die aus verschiedenen Quellen stammenden Daten werden miteinander verglichen bevor sie in der Datenbank gespeichert werden.

Die in der Datenbank vorhandenen Daten stehen für den Aufbau von Klimaszenarien, für den Antrieb und die Validierungen von Modellen zur Verfügung. Die Datenbank hat sich zu einem nützlichen Werkzeug bei den Klimaforschungen entwickelt.

SYNOPTISCHE DIAGNOSE – EIN UNVERZICHTBARES HILFSMITTEL FÜR NOWCASTING UND KÜRZESTFRISTVORHERSAGE

Manfred Kurz, Deutschland

Der Prozess der Wettervorhersage gliedert sich traditionell in drei Teile – Analyse, Diagnose und Prognose. Der Diagnose kommt dabei die Funktion zu, die physikalischen Vorgänge, die sich zum Zeitpunkt der Analyse in der Atmosphäre abspielen, zu erkennen und ihre Wirkung auf das Verhalten der analysierten synoptischen Strukturen sowie die Möglichkeit von Neuentwicklungen abschätzen zu können.

Seit dem Siegeszug der numerischen Wettervorhersage ist die Diagnose allerdings in den Hintergrund getreten. Von der numerischen Analyse ausgehend, berechnen die Vorhersagemodelle direkt die lokalzeitlichen Veränderungen der meteorologischen Parameter und erlauben somit auch die automatische Ableitung von Wetterprognosen aller Art. Mögliche systematische Modellfehler können durch geeignete Postprocessing-Verfahren ausgeglichen werden. Die Qualität des Model Output hat mittlerweile eine derartige Güte erreicht, dass der Mensch – der Meteorologe oder Wetterberater – im Mittel nur noch geringe Verbesserungen erzielen kann und ein Teil der Modellprodukte direkt zu den Nutzern übermittelt wird.

Die Modelle sind gut, aber natürlich nicht perfekt, und es gibt immer wieder Fälle, bei denen signifikante Wetterentwicklungen von den Modellen nicht rechtzeitig erkannt oder nicht korrekt simuliert werden. Als Beispiel seien hier nur die mangelhaften Modellvorhersagen der Orkanzyklonen des Dezembers 1999 erwähnt. In solchen Fällen ist es zwingend erforderlich, dass der Mensch eingreift und alternativ zum Model Output Vorhersagen produziert und verbreitet. Das ist besonders wichtig bei der Ausgabe von Warnungen vor gefährlichen Wettererscheinungen.

Die Erfahrung zeigt nur leider, dass manche Meteorologen oder Wetterberater Probleme haben, solche Situationen zu meistern. Sie kennen und beherrschen offensichtlich nicht die Methoden der synoptischen Diagnose und die vom Model Output unabhängigen Vorhersageverfahren, die dann eingesetzt werden müssen. Möglicherweise ist die Aus- und Fortbildung auf diesem Gebiet in manchen Wetterdiensten unzureichend. Insgesamt lassen sich diese Defizite auf eine übertriebene Modellgläubigkeit zurückführen, die durch nichts begründet ist, von verschiedenen Seiten aber seit Jahrzehnten heftig gefördert wird.

Die Methoden der synoptischen Diagnose sind seit langem bekannt. Entscheidend ist, die mögliche Interaktion zwischen den verschiedenen Schichten der Troposphäre zu erfassen. Unter Benutzung des quasigeostrophischen Gleichungssystems kann das Geschehen durch Betrachtung von Vorticity- und Temperaturadvektion, die den Antrieb für großräumige Vertikalbewegungen und damit gekoppelte zyklonenetische und antizyklonenetische Effekte in der unteren und oberen Troposphäre beschreiben. Um die mögliche Kompensation zwischen diesen beiden Antriebsfunktionen zu vermeiden, kann der Q-Vektor benutzt werden, der mit seiner Divergenz den Vertikalbewegungsantrieb eindeutig zu diagnostizieren erlaubt und darüber hinaus Auskunft über mögliche frontogenetische oder frontolytische Effekte im geostrophischen Windfeld gibt. Die Interaktion zwischen unterer und oberer Troposphäre kann auch durch das Verfolgen von Anomalien der isentropen potentiellen Vorticity (IPV) in Tropopausennähe bzw. in den unteren Schichten studiert werden.

Da Parameter wie Vorticity- und Temperaturadvektion, Q-Vektoren oder IPV normalerweise aus den operationellen numerischen Analysen und Prognosen abgeleitet werden, erscheint ihre Nutzung zweifelhaft, wenn diese Analyse bzw. Prognosen als fehlerhaft betrachtet werden müssen. Dann müssen Diagnoseverfahren eingesetzt werden, die überwiegend auf Beobachtungen basieren. Besonders wichtig sind dabei Fernerkundungsdaten wie Satellitenbilder sowie Radar- und Blitzortungsdaten.

Es gibt eine große Zahl von „Conceptual models“, die typische Stadien der Entwicklung synoptischer Strukturen anhand von Satelliten- und/oder Radardaten beschreiben. Sie wurden während der COST-Aktion 78, die der Verbesserung des Nowcasting gewidmet war, überprüft, und viele von ihnen wurden für die operationelle Nutzung innerhalb der synoptischen Diagnose empfohlen. Ein bekanntes „Conceptual model“ dieser Art ist das für intensive oder gar explosionsartig verlaufende Zyklonogenese. Dieser Prozess ist zu erwarten, wenn sich in der Höhe eine Zunge trockener Luft – am besten sichtbar in den Bildern des Wasserdampfkanals meteorologischer Satelliten – einer Wellenstörung in der unteren Troposphäre nähert und ihr schließlich überlagert. Das Vordringen der trockenen Luft zeigt die mit Divergenz gekoppelte Advektion zyklonaler Vorticity (oder IPV) in der Höhe an. Als Reaktion entwickelt sich eine Wolkenstruktur über dem unteren Tief, die zyklonal nach rückwärts gebogen ist und als „Cloud head“ bezeichnet wird. Sie zeigt an, dass Hebung nun nicht mehr nur vorderseitig, sondern auch über und hinter dem Bodentief eingesetzt hat, so dass die darunter wirksame Konvergenz zur Produktion zyklonaler Vorticity führt. Zwei prominente Beispiele für die erfolgreiche Nutzung dieses „Conceptual model“ waren der Weihnachtssorkan 1997, der Irland und Großbritannien heimsuchte, sowie das Orkantief „Martin“, das am 27./28. Dez. 1999 enorme Schäden in der Mitte und dem Süden Frankreichs verursachte und auch zahlreiche Todesopfer forderte. In beiden Fällen versagten die numerischen Modelle, doch mit Hilfe der Satellitenbildinformation erkannten die Forecaster in Bracknell bzw. Toulouse frühzeitig das Potential für eine intensive Zyklonogenese und gaben rechtzeitig entsprechende Unwetterwarnungen aus.

Die genannten Hilfsmittel für die synoptische Diagnose müssen allen im Vorhersagedienst eingesetzten Meteorologen und Wetterberatern vertraut sein. Sie müssen deshalb prominenter Teil des Aus- und Fortbildungsprogramms der Wetterdienste sein, wobei durch internationale Workshops der Erfahrungsaustausch zwischen den Diensten gewährleistet werden kann. Sie sollten Teil der täglichen Routine sein, damit sie dann, wenn es besonders wichtig ist – im Falle eines Modellversagens nämlich – erfolgreich eingesetzt werden können.

ANWENDUNGEN VON COTREC/RAINCAST IM NOWCASTING-BEREICH

Willi Schmid, Susanne Mecklenburg, Schweiz

Mit COTREC/RainCast steht ein vollautomatisches Tool zur Extrapolation von Radarbildern bis zu 2 Stunden zur Verfügung. Die Bewegung der Radarechos wird mit der Cross-Korrelationstechnik erfasst. Zur Extrapolation in die Zukunft wird eine spezielle Trajekorenteknik verwendet, welche auch zeitliche Änderungen des Bewegungsfeldes berücksichtigt. Zusätzlich kann der Trend (Wachstum oder Zerfall der Radarechos) in der Extrapolation beachtet werden. Das Vorhersagetechnik wurde für Anwendungen in komplexer Orographie optimiert.

Das Verfahren läuft operationell mit den Wetterradars der MeteoSchweiz. Alle 5 Minuten wird eine neue Vorhersage, basierend auf den aktuellsten Radarbildern, erstellt. Vorhersageprodukte werden durch eine ETH-Spinoff Firma an interessierte Nutzer (vor allem professionelle Überwachungs- und Warndienste) übermittelt.

Es wurden ausgedehnte Untersuchungen über die Qualität der Vorhersage in stratiformen und in konvektiven Niederschlägen durchgeführt. Die statistischen Eigenschaften der Vorhersagefehler werden zur Generierung von lokal gültigen Risikovorhersagen von Niederschlag (inkl. Starkniederschlag und Hagel) verwendet. Durch Einbezug von zusätzlichen Informationsquellen können nebst dem Niederschlag auch Risikovorhersagen für weitere Größen erstellt werden:

1. Risikovorhersagen von Hochwasser durch Verwendung von Niederschlagsmessungen und durch Einbau der Radarvorhersage in Abflussmodelle
2. Risikovorhersagen von Schneefall durch Verwendung der Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit auf verschiedenen Stationshöhen in orographisch gegliedertem Gelände
3. Risikovorhersagen von Schneeglätte oder Eisglätte durch Verwendung von Temperatur- und Feuchtemessungen in der Luft und am Boden.
4. Risikovorhersagen von Blitzschlag (durch Verwendung von Blitzmessdaten)
5. Risikovorhersagen von Sturmböen (durch Verwendung von Windmessdaten)

Wir diskutieren vor allem die Methodik, mit welcher die Radarextrapolation und die Zusatzinformation kombiniert werden, um die gewünschten Risikovorhersagen zu erhalten. Es werden Ansätze zur Validierung der Verfahren vorgestellt. Wir besprechen zudem Methoden zur Erstellung von automatisch generierten Warnmeldungen, basierend auf festen Risikoschwellwerten.

AUTOMATISCHE ERKENNUNG TYPISCHER WOLKENKONFIGURATIONEN IN SATELLITENBILDERN – EIN NEUES WERKZEUG FÜR NOWCASTING

Alexander Jann, Andreas Wirth, Veronika Zwatz-Meise, Österreich

An der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik wurde in den letzten Jahren ein Nowcastsystem entwickelt, welches insbesondere Satellitendaten heranzieht, um die Genauigkeit kurzfristiger Wettervorhersagen zu verbessern. Neben den Verfahren, die unter Benutzung von Wolkenverlagerungsvektoren (Atmospheric Motion Vectors: AMVs) eine kinematische Extrapolation vorhandener Wolkensysteme durchführen, wurden auch Objekterkennungsmethoden in den Nowcastbereich eingeführt. Dazu gehören unter anderem die automatische Erkennung von konvektiven Zellen, von Fasern an der Jetachse, von S-förmigen Wolkenbandrückseiten in Zusammenhang mit Wellen oder von schwarzen Streifen im Wasserdampfbild z.B. als Indikator für Zyklongenese („Rapid Cyclogenese“).

Aufgrund der hohen Komplexität der Wolkenstrukturen in Satellitenbildern zeigen automatische Erkennungsverfahren oft Mängel die einerseits auf Mehrdeutigkeiten in den zu analysierenden Objekten, andererseits auf den fehlenden räumlichen Zusammenhang der erkannten Strukturen zurückzuführen ist. Die von einem erfahrenen Meteorologen erlangten Fähigkeiten in der Analyse von Satellitenbildstrukturen werden zur Zeit von der automatischen Erkennung noch nicht erreicht. Dennoch bietet eine automatische Objekterkennung Vorteile von denen die Routinearbeit schon jetzt profitieren kann.

So haben Objekterkennungsverfahren an Satellitendaten im Nowcastbereich gegenüber der Analyse von Modelldaten die nur alle 6 Stunden zur Verfügung stehen den Vorteil, dass Neuentwicklungen unmittelbar erkennbar sind. Somit kann der Meteorologe in kürzester Zeit auf Änderungen im Wettergeschehen reagieren. Aber auch Abläufe, die vom Modell manchmal nicht wiedergegeben werden, wie etwa Wellenbildungen oder Zyklongenese können mit Hilfe der Objekterkennungsverfahren erkannt und rascher analysiert werden.

Die Kombination von Methoden der Objekterkennung mit anderen abgeleiteten Satellitenparametern führt zu einer automatischen Erkennung konzeptioneller Modelle wie z.B. Fronten, Wellen, Zyklongenese, konvektive Formationen, Leebewölkung und Wasserdampfstrukturen. Anhand eines Fallbeispiels soll diese Methode näher erläutert werden.

AUTOMATISCHE ANALYSE UND PROGNOSE NOWCASTING-RELEVANTER WETTERERSCHENUNGEN BASIEREND AUF PIXEL-ATTRIBUTEN

Wilfried Jacobs, Wolfgang E. Ratz, Deutschland

Der Deutsche Wetterdienst (DWD) entwickelt zurzeit eine Software-Paket, um für den Bereich des Nowcasting relevante Wettererscheinungen vorherzusagen. Die Basis bilden Pixelattribute, die sich aus Ergebnissen verschiedener Software-Module herleiten (z.B. Starkniederschlag). Die Pixelattribute können mittels Wolkenwindvektoren oder mittels Zell-Tracking extrapoliert werden. Schließlich werden die Pixelattribute in Wettererscheinungen umgesetzt. Damit ergibt sich eine hohe Flexibilität sowohl hinsichtlich der Einführung neuer Vorhersageverfahren als auch neuer Produkte. Im folgenden werden einige Beispiele und erste Verifikationsergebnisse gezeigt.

Stündlich wird eine automatische 3-D-Wolken- und -wetteranalyse erstellt und im Internet bereitgestellt. Dieses Produkt basiert auf einer Clusteranalyse von Satellitenbildern, synoptischen Daten und Radiosondendaten sowie auf numerischen Wettervorhersagen. In naher Zukunft sollen dreistündige Vorhersagen der 3-D-Wolken- und -wetteranalyse bereitgestellt werden.

Der Vergleich der extrapolierten und aktuellen Satellitenbilder lässt Rückschlüsse auf eine Veränderung der Bewölkung in einem bestimmten Bereich zu. Bei stratiformer Bewölkung kann man so die Verlagerungsgeschwindigkeit (z.B. einer Front) abschätzen. Für die Prognose konvektiver Ereignisse benutzt der DWD eine Software, mit der sich automatisch konvektive Zellen identifizieren lassen. Diese Zellen werden mittels konzeptioneller Modelle (CMs) ausgewertet. Dabei können verschiedene Datensorten miteinander kombiniert werden (z.B. Satellit, Radar, Blitzdaten), wobei zusätzliche Pixelattribute definiert werden (z.B. das Entwicklungsstadium einer konvektiven Zelle).

Zwei CMs sind beim DWD in der Entwicklungsphase. Ein CM basiert auf der Kombination von Radar-, Satelliten- und Blitzdaten. Jedoch ergaben Plausibilitätstests, dass selbst bei sommerlichen Gewitterlagen in nur 25% der Fälle ein signifikantes Radarecho an der Stelle des Pixels mit der konvektiven Wolke auftrat.

Bei einem weiteren CM werden nur Radardaten betrachtet. Basierend auf dem Flüssigwassergehalt sowie der Verteilung von intensiven Radarechos (> 55 dBZ) innerhalb des Zellkörpers wird die weitere Entwicklung der Zelle abgeschätzt. Während die Entwicklung in 50% der Fälle korrekt erfasst wird, ergeben sich bei der Vorhersage der Position mit dem Zell-Tracking Schwächen. Extrapoliert man die Zellen auf 15 Minuten, so wird nur bei jeder zweiten Zelle die Position auf 8×8 km² genau vorhergesagt. Bei einer Extrapolationszeit von 30 Minuten erfasst man nur jede zweite Zelle, wenn man eine Toleranzgrenze von 20×20 km² bei der räumlichen Lage zulässt.

AUTOMATISCHE ERKENNUNG EXTREMER WETTERSITUATIONEN IM NOWCASTING-BEREICH

W. P. Oettinger, B. Eisert, H.-D. Betz, Deutschland

Wir berichten über ein seit 3 Jahren vollautomatisch arbeitendes System zur Früherkennung von Gewitterzonen und die geplanten Erweiterungen zur Erfassung weiterer extremer Wettersituationen, insbesondere Starkregen, Hagel und auch vertikale Windscherungen.

Mit eigen-entwickelten Sensorstationen wird derzeit vor allem der Südosten Bayerns im Hinblick auf das elektromagnetische Feld von Entladungen (Sferics) erfasst. Im Gegensatz zu anderen bestehenden Blitzortungssystemen stehen hier meteorologische Fragestellungen im Vordergrund: Die Signalmessung ist nicht auf Bodenblitze beschränkt und erlaubt daher eine zeitlich frühere Erkennung von Gewittern. Das PC-gesteuerte System erfasst die örtliche Bildung von Gewitterzonen im Überwachungsbereich und übermittelt entsprechende detaillierte Informationen vollautomatisch (online) an interessierte Nutzer. In den vergangenen 3 Jahren wurde das System vor allem durch die im Raum Rosenheim stationierte Flugstaffel der Hagelabwehr getestet: Die automatischen Gewittermeldungen erfolgten auf die Funktelefone der Piloten, so dass frühzeitiger Einsatz möglich war. Wir erhielten Rückmeldungen über die tatsächlich angetroffenen meteorologischen Verhältnisse. Es erwies sich, dass sinnvolle Meldungen in den allermeisten Fällen frühzeitiger als durch andere meteorologische Daten ermöglicht eintrafen und in keinem Fall eine Gewitterbildung übersehen wurde. Eine speziell entwickelte Analyse der gemessenen Sferics-Signale ermöglicht es, nicht nur das räumliche Auftreten von Gewittern, sondern auch qualitative meteorologische Merkmale zu erkennen.

Aufgrund des Erfolgs der geschilderten Maßnahmen erschien es gerechtfertigt, eine weitere Stufe im Sinne von Nowcasting zu entwickeln: die erkannten Gewitterherde werden dynamisch analysiert und – soweit es sich um räumlich und zeitlich hinreichend zusammenhängende Herdereignisse handelt – automatisch verfolgt und im Hinblick auf regionale Kurzzeit-Prognosen bearbeitet.

In Zusammenarbeit mit mehreren meteorologischen Partnern planen wir derzeit sowohl eine räumliche Erweiterung des Systems, als auch eine Hinzunahme weiterer meteorologischer Daten, um möglichst viele extreme Wettersituationen in einem gemeinsamen Schema mit regional guter Auflösung und dem Ziel Nowcasting zur Verfügung stellen zu können.

DIE SYNOPTISCH RELEVANTE HELICITY - THEORIE UND ANWENDUNG

Andreas Schaffhauser, Helmut Pichler, Österreich

Die Helicity spielt nicht nur in der Turbulenz und bei konvektiven Prozessen, sondern auch in der synoptischen Skala eine wichtige Rolle. Die Helicity wird als Skalarprodukt aus Vorticity und Geschwindigkeit definiert. Eine Skalenanalyse zeigt, dass die Helicity für die synoptischen Skala approximiert werden kann.

Diese sogenannte synoptisch relevante Helicity kann in zwei Teile aufgespalten werden. Der erste Teil beschreibt die horizontale Temperaturadvektion, der zweite Teil enthält ageostrophische Zirkulationen.

Die Analyse der synoptisch relevanten Helicitystrukturen über 5 Monate hinweg zeigt, dass die synoptisch relevante Helicity ein zusätzlicher Parameter in der synoptischen Analyse sein kann. Kalt- und Warmfronten sowie Okklusionen erscheinen deutlich in den synoptisch relevanten Helicityfeldern. Die Bilanzgleichung der Helicity wird abgeleitet und für die synoptische Skala approximiert. Eine numerische Simulation dieser Gleichung zeigt die zeitliche Entwicklung der Helicitystrukturen über die Konvergenzen der Flüsse und die Quellen und Senken auf und gibt einen neuen Einblick in die Entwicklung synoptischer Strukturen.

VERA - VIENNA ENHANCED HIGH RESOLUTION ANALYSIS

Reinhold Steinacker, Christian Häberli, Wolfgang Pötschacher,
Andreas Schmölz, Matthias Ratheiser, Inga Groehn, Manfred Dorninger, Österreich

VERA ist ein hochauflösendes Analyse-Schema, das am Institut für Meteorologie und Geophysik der Universität Wien während der letzten fünf Jahre entwickelt worden ist. Es kann sowohl zur Daten-Qualitätskontrolle als auch zur Interpolation unregelmäßig verteilter Messwerte an ein regelmäßiges Gitter verwendet werden. Für diese Methode wird ein Feld mit Messwerten mit Hilfe eines Variationsalgorithmus so verändert, dass seine zweiten Ableitungen minimiert werden. Ähnlich der „Thin Plate Spline“ Methode werden die Integrale der Quadrate der zweiten räumlichen und/oder zeitlichen Ableitungen minimiert. Die zweiten Ableitungen erhält man durch überlappen von finiten Elementen, wobei mit Polynomen gearbeitet wird.

Eine Interpolation auf ein regelmäßiges Gitter von einem Stationsnetz, das einen größeren mittleren Stationsabstand hat, als die Gitterpunkte voneinander entfernt sind, beinhaltet Downscaling. Zu diesem Zweck wird Vorwissen über kleinskalige physikalische Prozesse über der komplexen Topographie der Alpen genützt. So wird Information innerhalb des Analysegebietes von datenreichen zu datenarmen Regionen gebracht.

Die Methode wird für skalare und vektorielle Größen in zwei Dimensionen erklärt und anhand von Anwendungsbeispielen diskutiert. Außerdem wird auf Erweiterungsmöglichkeiten für drei- und vierdimensionale Anwendungen hingewiesen. Die grundlegenden Vorteile des Verfahrens ist einerseits die Tatsache, dass kein first guess Feld aus einem Modell nötig ist. Andererseits ist kein Vorwissen über die statistische Struktur oder Gewichtungsfunktionen notwendig. Die räumliche Anisotropie meteorologischer Felder kann außerdem explizit behandelt werden. Ein wichtiger Punkt ist auch die Nachvollziehbarkeit der Methode. Für eine einzelne Station ist es möglich, jeden Schritt mit der Hand nachzurechnen, eine Tatsache, die für die Transparenz des Verfahrens spricht.

VERA ist bereits für die Validierung des Schweizer Modells verwendet worden. Dies geschah im Rahmen des Projektes VAMP, das vom Österreichischen Fond zur Wissenschaftlichen Forschung finanziert wurde. Außerdem läuft das Verfahren im stündlichen operationellen Routinebetrieb, wo die Bodenfelder von Wind, Druck und Temperatur im Alpenraum analysiert werden. Das vorliegende Analyseverfahren erlaubt es, mesoskalige Strukturen in diesen Feldern aufzulösen. Es verbessert daher das Verständnis von lokalen Wetterphänomenen, die von der komplexen Topographie der Alpen hervorgerufen werden und kann auch als solide Grundlage für hochauflösende numerische Vorhersagemodelle dienen.

ZUM HISTORISCHEN CHARAKTER DER SYNOPTIK ODER ÜBER DAS VERHÄLTNISS VON MENSCH UND MASCHINE IN DER WETTERVORHERSAGE

K. Balzer, Deutschland

Von der synoptischen Methode zur Vorhersage des Wetters können wir seit 1820 und BRANDES' genialer Idee sprechen, auch wenn sie erst ab 1855 schrittweise praktisch umgesetzt wurde. Für ziemlich genau ein Jahrhundert stellte aber dann die Synoptik den *einzigsten*, wissenschaftlichen Ansatz zur Wettervorhersage dar. Daran vermochten auch permanent neue Daten, Erkenntnisse, Theorien und ... Hoffnungen nichts Wesentliches zu ändern – man trat eigentlich auf der Stelle, und die "Trefferprozente" der 30er bis 60er Jahre sahen nicht viel anders aus als zu Zeiten von BEBBERS und KÖPPENS an der Deutschen Seewarte. Mit den Herausforderungen während des 2. Weltkrieges und der Nachkriegszeit, mit SCHERHAG, der Entdeckung des Strahlstroms und den dynamischen Stromfeldanalysen erreichte die Wirkungsgeschichte der Synoptik zweifellos ihren Höhepunkt.

Nach einer Latenzzeit von etwa einem halben Jahrhundert, welches mit BJERKNES(1904), EXNER(1907) und RICHARDSON(1911-22) begann, eröffnete die 'Numerik' grundsätzlich neue Möglichkeiten, die von Anfang an, je nach Gefühl und Wissen, als aussichtslose oder bedrohliche **Konkurrenz**, als willkommene, aber doch eher dienende **Hilfe** oder als mehr oder weniger vollständiger **Ersatz** des Synoptikers begriffen wurden.

An diesem höchst widersprüchlichen, meist subjektiven Urteil hat sich, so weit der Autor sieht, bis heute nicht viel geändert – Zeit also, mit Hilfe einer fundierten, jahrzehntelangen Verifikationsarbeit wesentliche Trends und den 'state of the art' in einem Wetterdienst zu beschreiben, der neben erfahrenen Prognostikern und importierten NWP-Produkten auch über eine eigene Modellkette und erprobten Verfahren ihrer statistischen Interpretation verfügt.

Das **Fazit**: Jenseits des Nowcasting, der eigentlichen Domäne des heutigen "Menschen", sind kaum noch Vorhersageaufgaben auszumachen, die die "Maschine" heute nicht ebenso gut, wenn nicht sogar stabil besser, meistert.

DAS LOKAL MODELL (LM) DER WETTERDIENSTE VON DEUTSCHLAND, GRIECHENLAND, ITALIEN UND DER SCHWEIZ

Guy de Morsier, Schweiz

Das nicht-hydrostatische LM wurde beim Deutschen Wetterdienst (DWD) initiiert. Seit 1998 geschieht die Entwicklung des LM im Rahmen der internationalen Zusammenarbeit namens COSMO ("COntortium for Small scale MOdeling", siehe: www.cosmo-model.org) der vier nationalen Wetterdienste von Deutschland, Griechenland, Italien und der Schweiz. Das LM steht in diesen vier Ländern mit verschiedenen Modellkonfigurationen und einer horizontalen Auflösung von 7km im operationellen Betrieb. Das LM wird im Rahmen von COSMO weiterentwickelt und soll in zwei bis drei Jahren mit einer Auflösung von 2 bis 3km rechnen können. Für die Kurzfristvorhersagen (bis 48 oder 72 Stunden) ist das LM ein führendes Modell für die numerische Wetterprognosen (NWP).

Zuerst wird ein kurzer Überblick in die Tätigkeiten und Ziele von COSMO gegeben. Der aktuelle Stand des LM wird erläutert und die weiteren geplanten Entwicklungen präsentiert. Dann werden die operationellen Modellkonfigurationen in den vier Ländern vorgestellt.

In der Schweiz ist das LM seit April 2001 operationell. Die Implementation und der Betrieb des LM in der Schweiz werden kurz erklärt. Danach wird hervorgehoben, dass der Datenassimilationszyklus mit der Nudging Methode realisiert wurde und dass einige typische Problemen der numerischen Modellierung mit detaillierter alpiner Orographie bereits gelöst wurden.

Um die Wichtigkeit und die Problematik der Anfangs- und Randbedingungen für ein hochaufgelöstes Modell klar vor Auge zu führen, werden Verknüpfungen zu anderen Forschungsprojekten, wie zum Beispiel die COST-Aktionen 716 oder 717 (GPS- bzw. Radar-Messungen für verbesserte NWP) und zum europäischen Beobachtungsprogramm EUCOS aufgezeigt.

Die Qualität und die Stärken des Modells werden anhand von verschiedenen Verifikationsmethoden mit Beobachtungen (SYNOP, TEMP und METEOSAT) für die bodennahen Feldern, Profile und gesamt Bewölkung illustriert. Mögliche Lösungen von eingekreisten Schwächen sollen im Ausblick dargestellt werden.

IMPLEMENTATION UND EVALUIERUNG EINES ORTSBEZOGENEN BODENNEBEL- UND HOCHNEBELVORHERSAGEMODELLS MIT BERÜCKSICHTIGUNG DER EFFEKTE VON BODEN UND VEGETATION

Thomas Trautmann, Andreas Bott, Wilfried Jacobs, Deutschland

Mit den bei den Wetterdiensten für die Wettervorhersage eingesetzten Routinemodellen ist eine zuverlässige ortsbezogene Nebelvorhersage gegenwärtig noch nicht möglich. Aus diesem Grunde wurde in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Wetterdienst in den letzten beiden Jahren ein lokales Vorhersagesystem entwickelt, welches im synoptischen Dienst für die Kurzfristprognose eingesetzt werden kann. Die Modellphilosophie orientiert sich an einer mathematisch-physikalisch fundierten Beschreibung der beteiligten meteorologischen Prozesse. Infolge der Rechenzeiteffizienz des Modells können auch Ensemblevorhersagen durchgeführt werden, bei denen die Eingabeparameter im Rahmen der vorliegenden Unsicherheiten variiert werden, und mit denen die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Boden- oder Hochnebel zu einem bestimmten Termin ermittelt werden kann.

Das Modellsystem basiert auf den thermo-hydrodynamischen Grenzschichtgleichungen zur Vorhersage des Horizontalwindes, der Temperatur und der spezifischen Feuchte. Ferner enthält das Modell zwei aufwendige Module zur Beschreibung wichtiger Prozesse im Boden und in der Vegetationsschicht. Mit dem Bodenmodul werden die Feuchte- und Wärmeflüsse in Abhängigkeit von den örtlichen Bodenparametern berechnet. Das Vegetationsmodul behandelt die Pflanzen als eine zusätzliche Modellschicht, die mit den Wärme-, Impuls-, und Strahlungsflüssen aus Boden und Atmosphäre wechselwirkt. Zur Vorhersage der Nebel- und Wolkenwasserbildung in den untersten 1500 Metern der planetarischen Grenzschicht werden parametrisierte Gleichungen für die warme Wolkenmikrophysik herangezogen. Tropfensedimentation sowie Tau- oder Reifbildung am Boden werden berücksichtigt. Die Berechnung von Strahlungsflussdichten und Erwärmungsraten im solaren und terrestrischen Spektralbereich wird mit einem Delta-Zweistromverfahren durchgeführt. Für das atmosphärische Aerosol wird eine Standardgrößen- und vertikalverteilung verwendet (rural, urban oder maritim), wobei die an der Station herrschende Bodensichtweite dazu dient, die Gesamtkonzentration der Aerosolpartikel abzuschätzen.

Das Modellsystem verwendet zur Eingabe Vertikalprofile für Temperatur und relative Feuchte (Radiosondenprofil oder Modelloutput eines übergeordneten Vorhersagemodells). Weiterhin werden physikalische Bodeneigenschaften wie Bodentyp, Profile von Feuchtegehalt und Temperatur im Boden sowie wichtige Parameter zur Charakterisierung der an der Station vorherrschenden Vegetation benötigt. Der Aufzug hoher Bewölkung, durch den die Ausbildung von Bodennebel unterdrückt werden kann, wird im Modell durch Vorgabe der Bedeckungsgrade von tiefer, mittelhoher und hoher Bewölkung realisiert. Das Modellsystem kann auch mit Bodennebel oder Hochnebel zum Startzeitpunkt initialisiert werden.

Nach der Vorgabe der unterschiedlichen Eingangsdaten führt das Modellsystem eine 24-stündige Vorhersage durch, beispielsweise von 12 Uhr Ortszeit bis zum Mittag des darauffolgenden Tages. Für den Anwender im Routinedienst liefert das Vorhersagesystem z. B. stündliche Werten für die Sichtweite in Bodennähe und Angaben über die Untergrenze einer sich ausbildenden Hochnebeldecke.

Zur Evaluierung des Modells wurden etwa 100 Terminvorhersagen für das Meteorologische Observatorium Lindenberg in der Herbst-Winterperiode 1998/1999 und 1999/2000 durchgeführt. Die ausgesuchten Termine entsprachen ruhigen Hochdruckwetterlagen. Der Vergleich zwischen Vorhersage und Beobachtung zeigt, dass mit dem hier vorgestellten Modellsystem eine gute Vorhersageleistung erzielt werden kann.

WIE KANN MAN DIE GUETE MESOSKALER, OPERATIONELLER NIEDERSCHLAGS- VORHERSAGEN KUNDENVERSTAENDLICH UEBERPRUEFEN? DER RADARBLICK

Martin Goeber, Sean F. Milton, U.K.

Fuer die Ueberpruefung mesoskaler, operationeller Niederschlagsvorhersagen werden Niederschlagsmessungen auf einer etwa 3-stuendigen Zeitskala fuer etwa 100 km^2 Flaechenmittel benoetigt. Dies ist mit dem existierenden Netz von Regenmessern nicht gegeben. Zudem koennen Niederschlagsfelder auf dieser Zeitskala durchaus um eine Groessenordnung innerhalb weniger Kilometer variieren, was wiederum hoechstens fuer Experimente mit konventionellen Beobachtungen abgedeckt werden kann.

Ein Ausweg besteht in der Nutzung von Radardaten, die die benoetigte zeitliche Aufloesung haben und aufgrund des Messprinzips bereits Flaechenmittel darstellen. Am Met Office (Bracknell, U.K.) durchlaufen die Radardaten ein extensives post-processing, dessen Resultat ein Datensatz frei von systematischen Fehlern und mit einem instantanen Fehler in der Groessenordnung der Repraesentativitaet von Regenmessern ist. Diese radargestuetzten Niederschlagsschaetzungen werden z.B. mit 3-Stundensummen der 4-mal taeglich erfolgenden, operationellen Niederschlagsvorhersagen der mesoskalen Version (12km Aufloesung) des Unified Model (UM) verglichen. Weiterhin ist es noetig, die Ueberpruefung der Niederschlagsvorhersagen kundenfreundlich zu gestalten, da viele Kunden Standardmasszahlen, wie z.B. mittlere quadratische Abweichung, nicht moegen bzw. nicht verstehen. Die Kunden empfinden Fehlvorhersagen eher im Sinne von: „Regen war da, aber zur falschen Zeit oder/und am falschen Ort“, „ist wetterlagenabhaengig“, „ist anders fuer Starkregen“.

Eine Moeglichkeit der Guetemessung der Niederschlagsvorhersagen ist die Zusammenfassung der Modell- bzw. Beobachtungsdaten fuer Regionen oder Flusseinzugsgebiete. Beobachtete und vorhergesagte Zeitreihen von Akkumulation, Beginn, Ende, Andauer und Intensitaet von Niederschlagsereignissen koennen dann untersucht werden. Eine weitere Moeglichkeit besteht in der Anwendung kategorischer Statistik, wobei die Vorhersage und das Eintreffen von Ereignissen, z.B. Niederschlag groesser als 4mm pro 3 Stunden, verglichen werden. Eine bisher wenig genutzte Masszahl hierfuer ist das „Chancenverhaeltnis“ (Verhaeltnis der Chance fuer einen Treffer zur Chance fuer einen falschen Alarm), welches intuitiv verstaendlich ist, in direkter Beziehung zum Wert der Vorhersage fuer einen bestimmten Nutzer steht und einfach auf statistische Signifikanz zu pruefen ist.

Der Einsatz der o.g. Methodik wird anhand der operationellen Vorhersagen fuer den Herbst 2000, der der regenreichste fuer England und Wales seit Beginn der Aufzeichnungen im Jahre 1766 war, demonstriert. U.a. ergibt sich: dass das Modell i.a. sogar auf Modellboxmassstab gut zwischen Regen- und nicht Regengebieten unterscheidet; dass das Modell zu oft Regen ueber den angrenzenden Seegebieten und zu selten ueber den Bergen produziert; dieses Muster ist noch ausgepraeger fuer Starkregen; die Guete nimmt etwa exponentiell mit der Vorhersagezeit ab, wobei etwa 24(12) Stunden voraus gut zwischen Regen/kein Regen (Starkregen/kein Starkregen) unterschieden wird; das Modell fuer einige Ereignisse, die zu Hochwasser fuehrten, gute Vorhersagen sowohl zeitlich, als auch fuer die Akkumulation lieferte.

EVALUATION VON MESOSKALAMODELLEN FÜR KURZFRISTVORHERSAGEN VON STRUKTUREN IN DER STABILEN GRENZSCHICHT

Günther Heinemann, Deutschland

Mit dem mesoskaligen Modell NORLAM (Norwegian Limited Area Model) wurden Simulationen des katabatischen Windsystems über dem grönländischen Eis für die Monate April und Mai 1997 mit einer Gitterweite von 25 km durchgeführt. Diese Simulationen werden mit Simulationen mit dem Mesoskala-Modell MM5 verglichen, das mit einer Gitterweite von 40 km vom Byrd Polar Research Institute (Ohio, USA) für denselben Zeitraum betrieben wurde. Beide Modelle werden evaluiert mit Messdaten automatischer Wetterstationen (AWS), globalen Analysen und Flugzeugmessungen, die im Rahmen des KABEG-Experimentes innerhalb dieses Zeitraumes stattfanden.

Von beiden Modellen werden sowohl die synoptischskaligen Ereignisse als auch die individuellen Tagesgänge des katabatischen Windes über den Zeitraum von zwei Monaten sehr realistisch simuliert. Der Vergleich der Simulationen mit acht Fallstudien, in denen detaillierte Grenzschichtstrukturen aus Flugzeugdaten vorliegen, ergibt in den meisten Fällen eine gute Übereinstimmung der von den Modellen simulierten und der gemessenen Strukturen und zeitlichen Variationen des katabatischen Windes in den untersten 400 m der Atmosphäre. Die Hauptunterschiede der physikalischen Parametrisierungen der beiden Modelle liegen in der Behandlung des turbulenten Austausches in der Grenzschicht und der wolkenphysikalischen Prozesse. Die TKE-Schließung des MM5 scheint gegenüber der im NORLAM verwendeten Schließung 1. Ordnung Vorteile bei der Simulation von bodennahen Temperaturen bei stark stabiler Schichtung (grönländisches Plateau) zu zeigen. Demgegenüber werden die Vertikalstrukturen der katabatischen Strömung generell etwas besser vom NORLAM simuliert

EINFÜHRUNG EINES DETAILLIERTEN WARNWESENS IM DEUTSCHEN WETTERDIENST

Wolfgang E. Raatz, Wilfried Jacobs, Deutschland

Der Deutsche Wetterdienst (DWD) führt in diesem Jahr ein räumlich und zeitlich detailliertes Warnwesen ein, um den zunehmenden Kundenanforderungen an Wetter- und Unwetterwarnungen gerecht zu werden. Damit ein solches Warnwesen ohne unzumutbaren Aufwand für den Bearbeiter durchgeführt werden kann, wurde ein Programmwerkzeug entwickelt: das EPM-Warnsystem.

Das EPM-Warnsystem besteht aus 3 Komponenten: das einfache und schnelle Editieren (E) von Basiswarnformularen durch den Bearbeiter, die automatische Produktion (P) von Länder-, Gebiets- und Kundenprodukten/-warnungen, das programmgesteuerte Überwachen (Monitoring, M) der ausgegebenen Warnungen einschließlich der ggf. durchzuführenden Amendierungen.

Warnungen wurden in der Vergangenheit häufig für den Bereich eines Bundeslandes herausgegeben. Mit Einführung des EPM-Warnsystems wurde Deutschland in ca. 60 Klimagebiete eingeteilt, die nochmals nach Höhenstufen (200 Meter Intervalle) unterschieden werden. Damit entstehen ca. 160 sog. Warn- und Nowcasting-Zellen, die eine starke räumliche Auflösung der Warnungen ermöglichen, z.B. Warnungen nur für bestimmte Höhenstufen (Schnee oberhalb 600 Meter) oder nur für bestimmte Landesteile. Mit dieser räumlich differenzierten Auflösung können Kunden besser informiert und die Herausgabe unnötiger Warnungen verhindert werden.

Warnungen wurden in der Vergangenheit selten zeitlich gestaffelt, da ein Monitoring kaum zu realisieren war. Nun wird es möglich sein, den Durchzug eines Wetterereignisses in zeitlich und räumlich differenzierte Warnungen umzusetzen und mit Hilfe der aus den Warnungen abgeleiteten Warnstatusdaten zu überwachen. Gibt der Bearbeiter zu einem späteren Zeitpunkt weitere Warnungen aus, so werden die noch gültigen Warnungen überprüft und ggf. Amendierungen durchgeführt, z.B. nicht mehr betroffene Zellen werden automatisch entwarnt.

Die Warnprodukte können in 3 unterschiedlichen Formen angeboten werden: als Standardtext, als Vorhersagetabelle mit stündlicher bzw. 3-stündiger Auflösung, als freier Text/Erläuterung. Der Inhalt der Produkte wird für jeden Kunden individuell zusammengestellt. Der Kunde kann wählen, welche und wie viele Warn- und Nowcasting-Zellen durch die Warnung abgedeckt werden sollen. Er kann Warngruppen (z.B. Wind, Gewitter, Glätte) auswählen sowie deren Schwellenwert/Intensitätsstufe (Warntyp), ab die er gewarnt werden möchte. Neben einem sog. Standard-Angebot an Warngruppen und -typen, besteht die Möglichkeit, kundenspezifische Warngruppen und -typen zu definieren.

PROJEKT STUDENTISCHE WETTERDIAGNOSE

Dirk Thiele, Sebastian Unger, Deutschland

Wir sind Meteorologiestudenten eines Projektstudiums der Freien Universität Berlin (FUB) im Institut für Meteorologie, das sich im Rahmen der FUB gebildet hat, um praktische Methoden der Wetterdiagnose und -vorhersage insbesondere unter Ausschöpfung des neuen Mediums Internet zu erlernen.

Unser Ziel ist das theoretische Wissen aus der Lehre in die Praxis umzusetzen, um eine eigene treffsichere Wetterprognose zu etablieren und sie zeitgemäß im Internet zu präsentieren.

Das bedeutet tägliche Sichtung, Analyse und Diskussion der aussagestärksten Karten, Bilder und Vorhersagemodelle, die das Internet zu bieten hat. Das sind von Temps über Radar- und Satellitenbilder bis hin zu den Prognosemodellen vom DWD, ECMWF, Met.Office und NOAA. D.h. Sammlung und Sichtung der verfügbaren Daten, wobei wir lernen müssen, nicht in der Datenflut zu ertrinken (siehe Balzer, „Wettervorhersage - ...“, 1998).

Parallel wird regelmäßig eine eigene Bodenanalyse auf der Basis für Europa ausgearbeitet, mit den anderen Resultaten abgeglichen und nochmals ausführlich im Kreise von Kommilitonen, ggf. mit den benachbarten praktizierenden Synoptikern besprochen.

Die werktägliche Präsenz wird von einem täglich wechselnden Kern von zwei bis drei Studenten gewährleistet.

Die Ergebnisse münden seit dem 06. November 2000 in der Veröffentlichung der eigenen regionalen Vorhersage für Berlin und Brandenburg nebst Karte auf der Website des Meteorologischen Instituts der FUB (<http://www.met.fu-berlin.de/~protu>). Die Präsentation wird seither kontinuierlich ausgebaut und erstreckt sich derzeit zusätzlich über eine eigenen synoptischen Übersicht, sowie eine Verlinkung der Prognose und Analyse mit dem wohl wichtigsten Forum deutschsprachiger Meteorologen, der Wetterzentrale. Daraus erwächst in zunehmendem Maße ein Austausch bis hin zu einer regen öffentlichen Diskussion über die erarbeiteten Ergebnisse. Die Verifikation unserer Vorhersagen ist uns wichtig, da wir daraus einen großen Lerneffekt erzielen.

Für die Zukunft sind gesonderte Besprechungen herausragender Wetterlagen geplant. Der anhaltende Zustrom von interessierten Studenten und Besuchern unserer Website spornt uns an, noch besser und attraktiver zu werden.

Wir beabsichtigen auf der DACH 2001 unser Projekt mit Hilfe von Plakaten vorzustellen, wo wir zusätzlich zur allgemeinen Darstellung unserer Wetterdiagnose ein Beispiel präsentieren.

MITTELFRIST- UND JAHRESZEITVORHERSAGEN AM EZMW

Horst Böttger, UK

Das Europäische Zentrum für Mittelfristige Wettervorhersage in Reading, U.K., erstellt tägliche Mittelfristvorhersagen bis zu 10 Tagen. Das Vorhersagesystem umfasst die 4-dimensionale Variationsanalyse der Daten (4D-Var), das globale hochauflösende Modell und die Ensemblevorhersagen (EPS) basierend auf 50 Modellläufen von gestörten Anfangsbedingungen. Die Modellauflösung beträgt TL511 (40 km) für das deterministische System und TL255 (80 km) für das EPS.

Die Wetterdienste der Mitgliedsländer sind speziell daran interessiert, nützliche Vorhersagen von extremen Wetterereignissen und Unwettern im mittelfristigen Bereich zu erhalten. Ein Testsystem für diese Vorhersagen ist bereits in der Entwicklung. Die Erfassung von seltenen Wetterereignissen durch quantitative Wahrscheinlichkeitsvorhersagen soll den Wetterdiensten eine frühzeitige Warnung geben und es ihnen ermöglichen, eine lückenlose Überleitung zur Kurzfristwarnung zu finden.

Die Jahreszeitenvorhersagen werden am EZMW seit einigen Jahren monatlich erstellt. Sie basieren auf einem gekoppelten Ozean-Atmosphären Modell mit einer Auflösung von ca. 200 km. Die täglichen Läufe werden zu monatlichen Ensembles zusammengefasst und die mittleren Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse für 3 Monatsmittel werden als Produkte bis zu einem Vorhersagezeitraum von sechs Monaten bereitgestellt.

In den letzten Monaten hat das EZMW seine Webseiten wesentlich erweitert. Die Wetterdienste der Mitglieder haben Zugriff zu fast allen am EZMW routinemäßig erstellten graphischen Vorhersageprodukten für die Mittelfrist- und Jahreszeitvorhersage. Die Webseiten enthalten ferner Verifikationsergebnisse und Dokumentationen für die Benutzer, beispielsweise über den Inhalt des Archives und den Zugriff zu den Daten. Die öffentlich zugänglichen Webseiten (<http://www.ecmwf.int>) enthalten eine beschränkte Auswahl von Vorhersageprodukten, während die Seiten für die Mitgliedsländer (<http://wms.ecmwf.int>) freien Zugang zu allen Echtzeitprodukten und dem Archiv ermöglichen.

Neueste Ergebnisse über die Verifikation der Produkte und Information über die Verfügbarkeit der Vorhersagen werden im Vortrag gegeben.

HOW IMPORTANT ARE SOIL CONDITIONS FOR MEDIUM-RANGE WEATHER PREDICTABILITY?

Sophie Fukutome, C. Prim, C. Schär, Schweiz

Current-day operational ensemble weather prediction systems are generated by perturbing atmospheric initial states, while uncertainties created by the inaccuracy in the initial soil temperature and moisture fields are unaccounted for. Although this approach is justifiable for extratropical winter forecasts when the predictability is determined by the chaotic nature of the mid-latitude storm tracks, little is known about its validity during extratropical summer and in the tropics, when initial soil conditions are known to have a substantial impact upon the weather evolution. In addition, it is unclear how the land-surface feedback limits the overall predictability.

The purpose of the present study is thus to examine the role of the soil in medium-range weather predictability. The tool employed is a limited-area weather prediction model covering Europe and a part of the north Atlantic, which is driven by prescribed sea-surface temperatures over sea, and by the ECMWF reanalysis at its lateral boundaries. The use of a limited-area model driven in this way suppresses uncertainties in storm track dynamics, and allows to focus upon the predictability of the coupled atmosphere/soil system over a continental land mass. Simulations are conducted using a coupled and uncoupled mode of the atmosphere/soil system.

Series of 3-member ensembles of summer simulations are used to assess the predictability of a reference simulation assumed to be perfect. In a first step, two ensembles are conducted. One ensemble is run in the conventional manner with the atmosphere interactively coupled to the land-surface model, while the other ensemble uses the uncoupled mode with perfect soil conditions artificially imposed every 6 hours. Further experiments are combinations of the two aforementioned experiments in which the atmosphere and land-surface models are alternately uncoupled and coupled in the course of a simulation, at various times and for various durations.

Results show that there are "stable" and "unstable" periods in the weather evolution under consideration. During the stable periods, the predictability (measured in terms of ensemble spread at 500 hPa) of the coupled and uncoupled dynamical systems is almost identical; providing the true soil conditions has negligible impact upon the atmospheric predictability. In contrast, the predictability during an unstable phase is found to be remarkably improved in the uncoupled ensembles. Additional experiments lend support to the interpretation that this effect results from guiding the atmospheric phase-space trajectory along its true evolution. It is also demonstrated that this effect persists, even when switching back from the uncoupled to the coupled mode prior to the onset of the unstable phase, a result that underlines the importance of soil moisture and temperature in data assimilation systems. To assess the importance of soil moisture and temperature perturbations on medium-range ensemble prediction systems will, however, require further experiments.

VERIFIKATION VON MITTELFRISTIGEN VORHERSAGEN

Ernst Klinker, UK

Für die Weiterentwicklung der Qualität mittelfristiger Vorhersagen ist eine kontinuierliche Diagnose der Vorhersagefehler von großer Bedeutung. Um gezielte Verbesserungsvorschläge machen zu können, versucht man so weit wie möglich die Fehlerursachen in Model- und Analysenfehler zu trennen. Eine Schritt in dieser Richtung konnte mit der Entwicklung der 4-D-Analyse gewagt werden. Durch die Anwendung des adjoint Modells lässt sich der Gradient der Vorhersagefehler in Bezug auf die Anfangsfelder berechnen. Damit ist es möglich, zumindest die schnell wachsenden Analysenfehler zu identifizieren und Anhaltspunkte über Modellfehler zu gewinnen.

Die Fehlerdiagnose diabatischer Prozesse wird dadurch erschwert, dass sich deren Wirkung nicht direkt aus Fehlern traditionell leicht verifizierbare Parameter wie das Geopotentialfeld ableiten lässt. Auf dem Umweg über Tendenzen der Potentiellen Vorticity und einer anschließenden Umkehrung kann eine quantitative Aussage über den Anteil parametrisierter Prozesse an typischen Wetterentwicklungen gemacht werden. So lassen sich in einzelnen Fällen Fehlprognosen auf Probleme in den diabatischen Prozessen zurückführen.

Traditionell gilt noch immer, dass Modellfehler durch eine Mittelung über große Ensemble von Vorhersagen und Analysen ermittelt werden können. Diese mittleren Fehler, die oft nicht ganz korrekt als systematische Fehler bezeichnet werden, sind in den letzten Jahren stark reduziert worden. Die Modelldiagnose ist daher um die Wetterlagen abhängige Fehlerdiagnose erweitert worden. Mit der sogenannten Singular Vector Decomposition Methode werden systematische Fehler isoliert, die sich mit charakteristisches Strömungstypen in Verbindung bringen lassen.

HOCHNEBELPROGNOSE MITTELS EINES OBJEKTIVEN INVERSIONSINDEX FÜR DIE SYNOPTISCHE PRAXIS

Peter Sabo, Österreich

Beständige Hochnebeldecken stellen im Großraum Wien bei antizyklonalen Wetterlagen im Spätherbst und im Winter einen festen Bestandteil des Witterungsablaufes dar. Die Bildung des Hochnebels erfolgt meist in der Nacht, sodass vom Morgen weg im Flachland durchwegs neblig trübes und kaltes Wetter zu finden ist. Oberhalb des Nebels herrscht dagegen sonniges, mildes Wetter. Die Entstehung und weitere Andauer dieser Hochnebeldecken hängt letztlich nur von der Mächtigkeit und Intensität entstandener Inversionen ab. Trotz der ausgezeichneten Güte des Prognosenmaterials stellt die Prognose der oft überraschenden Bildung des Hochnebels ein nach wie vor ein kaum gelöstes Problem dar. An die Empirie und die lokalen Orographiekenntnisse des Meteorologen werden so bei diesen Prognosen hohe Anforderungen gestellt. Mittels eines berechneten Inversionsindex wird versucht, ein objektives Werkzeug für die Bildung und weitere Andauer des Hochnebels zu bekommen. Grundbasis dafür stellen die beiden Radiosondenaufstiege der Jahre 1960 bis 1984 (jeweils die Monate von Oktober bis März) von Wien-Hohe Warte dar. Aus den Daten dieser Tempos wird in eine konstruierte Formel für den Inversionsindex eingegangen und dieser bestimmt. Bei der Berechnung des Index, der sich aus einem Team mit realen Temperaturen und einem, wo äquivalent-potentielle Werte eingehen, zusammensetzt, wird die Schicht vom Boden bis 750HPA in bezug auf Inversionen berücksichtigt. Aus den gefundenen Koeffizienten des Inversionsindex werden Mindestwerte herausgefüttert, die auf kräftige Inversionen ansprechen und in weiterer Folge so auch für die Hochnebelbildung maßgeblich sind. Mit weiteren Kriterien wie dem geforderten typischen Hochnebelwetter (bedeckt in der Niederung und heiter auf den Bergen aus Daten ausgesuchter Referenzstationen) und der Palette der winterlichen, antizyklonalen Großwetterlagen werden Regeln für die kalten Monate Oktober bis März aufgestellt, die dem Vorhersagemeteorologen in bezug auf die Hochnebelprognosen durchaus unterstützen.

Für eine Verifikation der gefundenen Regeln sind antizyklonale Wetterphasen der kalten Jahreszeit aus den neunziger Jahren betrachtet worden. Dabei wird auch auf alle Möglichkeiten (auch die synoptisch nicht relevanten) der Verknüpfung des Inversionsindex, der Großwetterlage und dem geforderten Wetter eingegangen. Die Verifikationsergebnisse beweisen bereits, dass die gefundenen Indexregeln ein brauchbares Instrument für den Meteorologen darstellen können. Für den Witterungsabschnitt Oktober 1999 bis Februar 2000 wurde über eine Verifikation der Regeln hinaus auch ein Vergleich der tatsächlichen Prognosen für Wien mit Prognosen unter Mithilfe der Indexregeln vollzogen. Die Ergebnisse dieser Testphase lassen eindeutig den Schluss zu, dass mit den gefundenen Regeln die Trefferrate der Hochnebelprognosen für den Großraum Wien um einiges höher gewesen wäre. In etwa 30% der Fälle (16 von 57) wären die Prognosen eindeutig besser gewesen, in 62% (36 von 57) hätten die gefundenen Inversionskriterien gute Unterstützung gebracht. Das heißt in Summe betrachtet, dass in 92% der untersuchten Fälle dem Vorhersagemeteorologen ein ausgezeichnetes Instrument für oder gegen den Hochnebel in Wien zur Seite gestanden wäre. Lediglich in 8% der Fälle (5 von 57) hätte der Inversionsindex versagt.

INTERNET-WETTERVORHERSAGE-TURNIERE: MENSCH UND MASCHINE IM VERGLEICH

Klaus Knuepffer, Deutschland

Internet-Wettervorhersage-Turniere eröffnen Interessierten die Möglichkeit, ihre synoptischen Fähigkeiten auf sportlich-spielerische Weise online zu testen. Meteo Service nimmt mit den MOS-Verfahren GME-MOS (basierend auf dem GME des DWD) und Meteomedia-MOS (basierend auf dem ECMWF, wie es von der Firma Meteomedia verwendet wird) sowie MOS-Mix (arithmetisches Mittel der Vorhersagen der beiden MOS-Systeme) an drei Turnieren teil:

EWC: European Weather Challenge

BPW: Berliner Prognose-Wettbewerb

KPW: Kölner Prognose-Wettbewerb

EWC und BPW sollen im Vortrag näher vorgestellt werden. Die Aufgabe ist es, jeweils freitags für das Wochenende möglichst gute Vorhersagen abzugeben, die nach einem Punkte-System bewertet werden.

Beim EWC liegt die Herausforderung vor allem darin, dass man für 8 in sehr verschiedenen Regionen Europas liegende Orte Vorhersagen für die Extrem-Temperaturen (Min, Max), die am Sonntag gemessen werden und den 48-stündigen Niederschlag abgeben muss. Die Auswertung erfolgt jeweils montags. EWCs finden 2 Mal im Jahr - an jeweils 12 Wochenenden in der Zeit von November bis Februar bzw. April bis Juli - statt.

Das Berliner Turnier findet an fast jedem Wochenende statt. Hier sind insgesamt 10 verschiedene Wetterelemente, (Temperaturen, Bewölkung, Wind, Niederschlag) für beide Tage des Wochenendes vorherzusagen. Das Turnier ist spannend organisiert: Man kann am Wochenende wenige Minuten nach Eintreffen der jeweiligen Beobachtungsdaten die Veränderungen in den Wertungen (Tages-, Jahreszeiten- und Gesamtwertung) im Internet verfolgen.

Ein Ziel des Beitrages ist es, zur Teilnahme an den Turnieren anzuregen. Schwerpunkt soll jedoch die Auswertung der Ergebnisse unter folgenden Aspekten sein:

- Vergleich von Mensch und Maschine (vor allem Mensch und MOS);
- Platzierung von synthetischen Verfahren, z.B.:
 - + MOS-Mix und
 - + einfaches und gewichtetes arithmetisches Mittel aller Teilnehmer.

Die wichtigsten Ergebnisse:

- (1) Beim EWC belegt MOS Spitzen-Plätze;
- (2) Mittel-Vorhersagen sind in der Regel deutlich besser als die Vorhersagen der Teilnehmer, aus denen sie sich zusammensetzen.

Als wichtigste Schlussfolgerung wird herausgestellt, dass bereits jetzt die MOS-Vorhersagen eine ähnliche Qualität aufweisen wie die Vorhersagen der besten menschlichen Teilnehmer. Daraus wird die These abgeleitet, dass ein MOS-Mix, basierend auf etwa 5 statt bisher 2 numerischen Modellen mit großer Sicherheit beim EWC, wahrscheinlich aber auch beim BPW, kaum noch schlagbar sein sollte.

STOCHASTIZITÄT IM KLIMASYSTEM - DIE GRUNDLAGE DER KLIMAVARIABILITÄT, KLIMADIAGNOSE UND KLIMAMODELLIERUNG

Andreas Hense, Deutschland

In diesem Übersichtsvortrag sollen drei Aspekte betrachtet werden. Zunächst wird die Zufälligkeit im Klimasystem - manchmal etwas abfällig als Klimarauschen bezeichnet - vorgestellt, ihr Entstehen, ihre Beschreibung mit Hilfe von Wahrscheinlichkeitsdichten und ihre Bedeutung bezüglich der deterministischen Variabilitäten aufgrund externer Schwankungen wie solarer Einstrahlung, Vulkanismus oder auch anthropogenen Faktoren. Die Stochastizität des Klimasystems impliziert für die Klimadiagnose als zweiten Aspekt das Schätzproblem, das im Vortrag sowohl von der Standardlösung als auch von der Bayesischen Sichtweise aus betrachtet werden soll. Der dritte Aspekt des Vortrags beleuchtet schliesslich die Darstellung der Stochastizität in Klimamodellen. Hierzu ist es notwendig, die Ursachendiskussion des ersten Abschnitts aufzugreifen, um z.B. Ensemblesimulationen korrekt interpretieren zu können oder aber sich weitere Verfahren zu überlegen, um zufällige Störungen in den Modellen zu berücksichtigen. Da aber stochastische Klimasimulationen (nahezu) immer Monte-Carlo-Simulationen sein werden, hat dies wiederum Auswirkungen sowohl auf die Klimadiagnose als auch die Numerik, da schnelle und effektive Modelle benötigt werden.

IS HUMAN-INDUCED WARMING OF DEEP LAYERS IN THE NORTH SUBTROPICAL ATLANTIC GYRE REALLY OBSERVED?

Alexander Polonsky, Ukraine

Ocean variability is a crucial factor in regulating the interdecadal-to-multidecadal natural changes in the coupled ocean-atmosphere system and, hence, the low-frequency climate variability. At the same time, the Ocean damps the global warming through the change of meridional heat transport and latent heat fluxes. So, the reliable detection of the low-frequency ocean variability is crucial factor to study the long-term (natural and human-induced) climate changes. Because of the limitations in the quantity and quality of oceanographic observations there is a problem of detection of the climatic signals in the Ocean. The discussion of this problem is the aim of present talk with strong focus to the deep subtropical Atlantic Ocean.

The routine oceanographic observations are too sparse and noisy for the reliable detection of long-term changes of the oceanic fields in the deep ocean (below about upper 0.8-1 km layer). Even in the regions with the best coverage (such as North subtropical Atlantic Ocean), only small portion of the profiles reached the deep layers (especially before the WOCE programme) and observational activity was concentrated in recent decades. This means that even there, only decadal-scale (not longer-term) variations in the upper (~1km) layer may be estimated with reasonable accuracy (signal-to-noise ratio ≥ 1). As a result there are at least two following problems: (a) the reliable detection of long-term variations of deep-ocean layers and (b) the separation of trend-like and low-frequency quasi-periodical signals. Unique observations permit different interpretations. I'd like to demonstrate this point for the North Atlantic subtropical gyre using archive data and following remarkable example.

Parilla et al. (1994) found significant and quite uniform warming in deep Atlantic Ocean along 24°N between 1957 and 1992. It was at a maximum ($>0.25^{\circ}\text{C}$) between 1 and 2 km. "However, to what degree those observed changes represent large-scale volume changes or whether they occurred largely due to variations of the location of the gyre is not clear" (CLIVAR,1998). American NODC data demonstrate that the latter assumption is very likely true. The differences of deep-ocean climate temperature at 25° and 23°N calculated using NODC data and the changes of averaged (along 24°N) temperature in the Atlantic Ocean observed by Parilla et al. (1994) between 1992 and 1957 are similar. Thus, if subtropical gyre has shifted to the South by about 2° from 1957 to 1992 even without any other changes, it results in the deep-ocean temperature change along 24°N resembling the warming described by Parilla et al. (1994). In fact the intensification of the subtropical gyre occurred also in that time. Long-term hydrometeorological data show that the multidecadal quasi-periodical rise of the sea level pressure (SLP) in the Azores High and associated increasing of the Rossby (NAO) index from late 1950's to early 1990's have been accompanied by the displacement of the Azores High to the Southwest. This should be accompanied by the intensification and southward shift of the Subtropical gyre. Thus the warming observed by Parilla et al. (1994) is likely the manifestation of multidecadal temperature variability due to changes of the location and intensity of the Atlantic Subtropical gyre. These changes likely stem from a coupled ocean-atmosphere mode resulting in strong climate changes over Europe.

References

- CLIVAR Initial Implementation Plan..WCRP No.103, WMO/TD No.869, ICPO, No.14, 314, 1998.
- Parilla, G., et al. *Nature*, 369, 48-51, 1994.

EINFALLENDE INFRAROTSTRAHLUNG ÜBER DEN SCHWEIZER ALPEN - VERGLEICH VON MESSDATEN MIT STRALUNGSTRANSFERMODELLBERECHNUNGEN

B. Dürr, R. Philipona, Schweiz

Die Strahlungseigenschaften im Hochgebirge gehören zu den weltweit noch spärlich untersuchten Komponenten des Energiehaushalts, welche jedoch eine grosse regional-klimatische Bedeutung aufweisen. Das Physikalisch-Meteorologische Observatorium und Weltstrahlungszentrum (PMOD/WRC) in Davos baute im Rahmen des Nationalfondprojektes NFP-31 mit Hilfe der MeteoSchweiz 1995 ein Strahlungsmessnetz im Schweizer Alpenraum. Dieses Messnetz mit dem Namen "Alpine Surface Radiation Budget (ASRB) network" umfasst 11 Stationen, welche sich vertikal über einen Bereich von 370 bis 3600 m.ü.M. erstrecken. An allen Standorten des ASRB werden die hemisphärisch einfallende kurzwellige Sonnenstrahlung und langwellige Infrarotstrahlung, sowie die meteorologischen Parameter Temperatur und Feuchte gemessen. Das ASRB-Messnetz soll eine qualitativ hochstehende Ergänzung zum weltweiten "Baseline Surface Radiation Network (BSRN)" darstellen, welches nur Standorte mit geringer Höhe über Meer umfasst. Sowohl die Strahlungsmessgeräte des ASRB, wie auch des BSRN, werden am Weltstrahlungszentrum in Davos geeicht.

Im Rahmen der Diskussion über mögliche Veränderungen des Erdklimas aufgrund erhöhter Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre interessieren vor allem die Eigenschaften der einfallenden Infrarotstrahlung, fortan Gegenstrahlung genannt. Die Gegenstrahlung, welche direkt von den Treibhausgasen emittiert wird, ist im hohen Masse korreliert mit dem Energierückbehalt der gesamten Luftsäule, welcher allgemein als natürlicher Treibhauseffekt bezeichnet wird. Mit Hilfe der im ASRB-Messnetz erfassten Strahlungsdaten soll unter anderem die vertikale Struktur des natürlichen Treibhauseffekts aufgezeigt, und auf eventuelle Änderungen der Gegenstrahlung eingegangen werden.

In der vorliegenden Arbeit präsentieren wir in einem ersten Schritt den Vergleich zwischen Messungen der Gegenstrahlung an der aerologischen Station Payerne und Berechnungen von 2 Strahlungstransfermodellen. Das erste Strahlungstransfermodell, MODTRAN, berechnet die Gegenstrahlung mit Hilfe des atmosphärischen Profils aus einer Radiosondierung. Das zweite Modell, das neue numerische Wettervorhersagemodell des Deutschen Wetterdienstes und der MeteoSchweiz, genannt Lokalmodell (LM), liefert den entsprechenden Prognosewert am nächstgelegenen Modellgitterpunkt. Die meteorologischen Bedingungen an der Station müssen während des Vergleichs wolkenlos sein, sowohl am Tag, als auch in der Nacht. Im Rahmen dieser Arbeit werden 2 neue Methoden zur Unterscheidung der wolkenlosen von den wechselnd bewölkten Situationen vorgestellt. Weiter vergleichen wir die Gegenstrahlung in Situationen, in denen gleichzeitig an allen 11 Stationen des ASRB wolkenlose Verhältnisse herrschten. Dabei betrachten wir das atmosphärische Profil der Radiosondierung in Payerne als repräsentativ für die ganze Schweiz, und nutzen dieses Profil an allen Stationen als Eingabe für MODTRAN. Das LM berechnet die Prognosewerte der Gegenstrahlung an dem der Station nächstgelegenen Modellgitterpunkt.

MÖGLICHKEITEN UND GRENZEN EINER KLIMATOLOGIE DER TROPOSPHÄRE UND UNTEREN STRATOSPHERÄ ÜBER DEN ALPEN

Christian Häberli, Schweiz, Reinhold Steinacker, Österreich

Radiosondierungen sind die einzige Möglichkeit, aus in-situ Messungen Klimatologien der Troposphäre und unteren Stratosphäre über einen längeren Zeitraum zu erstellen. Im Alpenraum reichen diese Messungen bis in die frühen vierziger Jahre zurück. Ein ausreichend dichtes Stationsnetz steht seit Mitte der fünfziger Jahre zur Verfügung. Anfänglich wurden an den Stationen verschiedene Sondentypen und Auswerteverfahren eingesetzt, das sich in zahlreichen räumlichen und zeitlichen Inhomogenitäten in den Datensätzen bemerkbar macht.

Die Messungen aus der freien Atmosphäre werden traditionell vorwiegend im Wettervorhersagedienst verwendet. Die systematische klimatologische Aufbereitung erfolgte hingegen nicht mit der gleichen Intensität wie dies für Messungen an Bodenstationen der Fall ist bzw. war. Das führt dazu, dass vor allem die historischen Radiosondendatensätze in der Regel in verschiedensten Datenformaten und Aufbereitungszuständen vorliegen.

Aus diesem Grund ist die Integration der verschiedenen Datensätze, deren Qualitätskontrolle und Homogenisierung eine aufwendige und zeitraubende Arbeit.

Das Vorhaben, einen aufbereiteten und integrierten Radiosondendatensatz für den Alpenraum bereitzustellen, ist aus verschiedenen Gründen lohnenswert: Einerseits weist das Messnetz eine weltweit einmalige Dichte in der Umgebung eines grossen Gebirgszuges auf. Andererseits gehören die Datenreihen mit zu den weltweit am längsten. Zahlreiche Eigenheiten der Radiosondenstationen sind sorgfältig dokumentiert und die systematischen Unterschiede zwischen den verschiedenen Geräten wurden seit Mitte der fünfziger Jahre mit zahlreichen Sondenvergleichen erfasst. Diese Informationen erleichtern die Homogenisierungsarbeit.

Im Beitrag werden Resultate vorgestellt, die Art, Grössenordnung und Häufigkeit der Inhomogenitäten sowie deren Auswirkungen auf Klimaauswertungen (z.B. Trendanalyse) illustrieren. Anhand von Resultaten aus der Qualitätskontrolle werden Charakteristika einzelner Stationen beschrieben. Schliesslich werden einige Beispiele von klimatologischen Auswertungen gezeigt.

DER ATMOSPHERISCHE FEUCHTEHAUSHALT IN DER ARKTIS – WIESO ZEIGEN REANALYSEN UND RADIOSONDEN EIN UNTERSCHIEDLICHES BILD?

Reinhard Hagenbrock, Andreas Hense, Felix Ament, Deutschland, Martin Göber, UK

Der arktische Feuchtehaushalt spielt gerade durch mögliche Rückkopplungsmechanismen mit dem Ozean eine wichtige Rolle im globalen Klimasystem. Gleichzeitig ist seine Bestimmung sehr fehlerbehaftet, da Satellitenmessungen über Eis mit großen Unsicherheiten verbunden und Messungen vor Ort dünn gesät sind. Reanalysen weisen dagegen Ungenauigkeiten in der Parametrisierung der Feuchte und das *Spin-up-Problem* auf, so dass die auf Reanalysen basierenden Ergebnisse gegen andere Messungen validiert werden müssen. Speziell bei der Frage des Feuchte-Eintrages bzw. -Verlustes der arktischen Troposphäre nördlich von 70° wurden deutliche Unterschiede festgestellt, je nach dem, ob die Auswertung auf Reanalysen oder auf direkten Radiosondenmessungen basierte. Es wurde vermutet, dass die Unterschiede in der unterschiedlichen räumlichen und zeitlichen Auflösung der zu Grunde liegenden Daten begründet liegen.

Um diese Frage genauer zu untersuchen entwickelten wir ein Verfahren, mit dem Radiosonden und Reanalysen auf dem gleichen Gitter – dem der Radiosonden – verglichen werden können. Dabei müssen wir zum einen massenkonsistente Windfelder erzeugen, zum anderen die Berechnung auf einem zeitlich und räumlich unregelmässigen Gitter anstellen. Die Lösung dieser Probleme ist ein variationelles Verfahren auf der Basis der Finite-Elemente-Methode (FEM). Hiermit gelingt der Vergleich von Reanalysen- und Radiosonden-Daten ohne das Problem unterschiedlicher Skalen. Die resultierenden Haushalte zeigen große Übereinstimmungen, z.B. bezüglich des Jahresgangs mit einem ausgeprägten Maximum im Sommer und einem mittleren Feuchteeintrag in die Arktis von 16 cm/Jahr. Auch die horizontale Verteilung dieses Eintrags weist bei den unterschiedlichen Datenquellen große Übereinstimmung auf. Verglichen mit auf herkömmlichem Wege aus Reanalysen (auf vollem Gitter) ermittelten Haushalten ergibt sich jedoch ein Defizit von 3 cm/Jahr oder 20 Prozent im Jahresmittel. Mit Hilfe eine Verdichtung der Auflösung durch Hinzunahme feinmaschigerer Reanalyse-Daten kann gezeigt werden, dass sich diese Diskrepanz zum wesentlichen Teil auf die unterschiedliche Auflösung zurückführen lässt.

IMPLEMENTIERUNG DES LAM MM5 FÜR ÖSTERREICH - ERSTE ERGEBNISSE

Johann Züger, Österreich

Das LAM MM5 des National Center for Atmospheric Research (NCAR) ist ein Modell für sowohl hydrostatische als auch nicht-hydrostatische hochauflösende atmosphärische Simulationen. Das Modell MM5 ist ein seit über 20 Jahren weiterentwickeltes weltweit im Einsatz stehendes mesoskaliges Klimamodell. Es kann für eine Vielzahl von Analysen wie z.B. mesoskalige konvektive Systeme, Frontsysteme, Berg-Talwind Zirkulationen und urbane Wärmeinseln eingesetzt werden. Das Modell basiert auf prognostischen Basisgleichungen für horizontale und vertikale Windkomponenten, Temperatur, Druck und Mischungsverhältnisse für Wasserdampf, Wolken und Regen. Es stehen eine Vielzahl von Parametrisierungen zur Verfügung. Die Modellgleichungen sind in einem kartesischen Raster mit drei verschiedenen Projektionen formuliert. Typische horizontale Auflösungen liegen in einem Bereich von 60 bis 1 km mit 15 bis 23 vertikalen Ebenen. Es unterstützt direkt gekoppelte 1-Weg und 2-Weg Nesting-Funktionen. Innerhalb eines 'mother domains' können mehrere 'sub domains' gleichzeitig bearbeitet werden. Anfangs- und Randwerte für den 'mother domain' werden von verschiedensten globalen und regionalen Modellen herangezogen. Zusätzlich können lokale Beobachtungsdaten von Bodenstationen und Radiosonden berücksichtigt werden.

Dieses Modell wurde auf einer Workstation im ARC Seibersdorf installiert. Es wurden einige Läufe mit Testdaten durchgeführt um die Lauffähigkeit und exakte Installation zu überprüfen. Im nächsten Schritt wurden Input-Datensätze für den zentraleuropäischen Raum und im speziellen für Österreich erstellt. Erste Probeläufe und Ergebnisse dazu sollen hier präsentiert und diskutiert werden.

ANALYSE DER INTERANNUALEN NIEDERSCHLAGSSVARIABILITÄT IM NORDATLANTISCHEN SEKTOR

Eduardo Zorita, Deutschland

Die interannuale Niederschlagsvariabilität in den Wintermonaten im Nordatlantischen Sektor wurde analysiert. Hauptkomponentenanalyse wurde auf die Reanalysen von NCAR/NCEP angewandt und zwei Hauptmoden der Niederschlagsvariabilität wurden identifiziert. Die entsprechenden Zeitkoeffizienten stimmen mit entsprechenden Berechnungen aus einem Beobachtungsdatensatz gut überein. Die räumlichen Strukturen zeigen auch eine gute Übereinstimmung über Land.

Assoziierte Muster von Bodenluftdruck, geopotentialen Höhen, Luftfeuchtigkeit, Verdunstung aus der Meeresoberfläche, standardisierter Standardabweichung der geopotentialen Höhe und Eady-Wachstumsraten (ein Maß für Baroklinizität) und Wind geben Aufschlüsse darüber, welche Zirkulationsmuster und welche physikalische Prozesse für jeden Niederschlagsmode von Bedeutung sind.

Die Nordatlantische Oszillation (NAO) erscheint als ein wichtiger, aber nicht einziger Muster, das mit der Niederschlagsvariabilität verbunden ist. Ein zweites Zirkulationsmuster, das Ostatlantische Muster (EA) wirkt genau so stark wie die NAO. Es sind allerdings Unterschiede in den verantwortlichen physikalischen Prozesse für jeden Mode zu erkennen. Für das mit dem NAO verbundenen Muster (PNAO) spielt die Baroklinizität eine kleinere Rolle, dafür aber die Luftfeuchtigkeit eine größere, als bei dem mit dem EA verbundenen Niederschlagsmode (PEA). Verdunstung aus dem Meeresoberfläche im westlichen Nordatlantik scheint auch mit der Baroklinizität bei dem PEA Mode zusammenzuhängen.

Die langfristigen Trends beider Moden wurde auch untersucht. Während PNAO weist seit 1950 einen negativen Trend auf, ist der Trend des PEA Modes positiv. Beide Trends stimmen ebenfalls mit den aus Beobachtungsdaten abgeleiteten Hauptkomponenten.

WERDEN EXTREME WETTERSITUATIONEN WAHRSCHEINLICHER?

Jürgen Grieser, Deutschland

Extreme Wettersituationen stellen auch in unserer hochtechnisierten Gesellschaft eine Bedrohung dar. Ihre sozio-ökonomischen Konsequenzen sind weitreichend. Sturmschäden, Hochwasser, außerordentliche Hitze- oder Kälteperioden belasten sowohl öffentliche als auch private Haushalte. Die Frage, ob extreme Wettersituationen wahrscheinlicher werden, ist daher drängend.

Da die üblichen Klimamodelle die Klimavariabilität nicht immer mit der für Extremwertanalysen wünschenswerten Genauigkeit wiedergeben, wird in diesem Beitrag der Frage nachgegangen, wieviel man aus beobachteten Zeitreihen meteorologischer Variablen über deren Extremverhalten lernen kann. Dabei wird entgegen der klassischen Beschreibung von Extremwerten keine Stationarität der Zeitreihen vorausgesetzt, sondern gerade der Einfluß verschiedener Arten von möglichen Instationaritäten untersucht.

Grundlage der vorgestellten Methode bildet die Annahme, daß sich klimatologische Zeitreihen aus strukturierten Anteilen und einem wohl definierbaren Zufallsanteil zusammensetzen. Sowohl deren Art als auch konkrete Erscheinungsformen innerhalb bestimmter Beobachtungszeitreihen werden aus den Beobachtungen geschätzt. Damit steht prinzipiell ausreichend Information zur Verfügung, um die zeitliche Entwicklung von wichtigen Kenngrößen des Extremverhaltens, wie z.B. die Wartezeitverteilung und Wiederkehrzeit zu analysieren.

Die Methode wird an einem hypothetischen Beispiel und an zwei klimatologisch interessanten Zeitreihen vorgestellt. Diese zeigen deutlich, wie sensibel die Eintrittswahrscheinlichkeit für extreme Wettersituationen von geringen Veränderungen im mittleren Verhalten der Variable abhängt.

START UND ENDE DER VEGETATIONSPERIODE - PHÄNOLOGISCHE BODENBEOBACHTUNGEN UND SATELLITENDATEN

Annette Menzel, Deutschland

Der jährliche Entwicklungszyklus von Pflanzen wird von einer Reihe von Umweltfaktoren gesteuert. Der Start der Vegetationsperiode wird aber im wesentlichen von der Lufttemperatur im Spätwinter und Erstfrühling beeinflusst. Die Pflanzen können also als "integrierendes Meßinstrument" von Umweltveränderungen angesehen werden. Die Analyse längerer Reihen (1951-1998) aus dem phänologischen Netz des Deutschen Wetterdienstes erlaubt eine Betrachtung der räumlichen und zeitlichen Variabilität von Änderungen in diesem Zeitraum. Ergebnisse zeigen einen ausgeprägten saisonalen Trend der Veränderungen, eine hohe räumliche Variabilität und eine relative Stabilität von Verschiebungen aufeinanderfolgender phänologischer Jahreszeiten. Der NDVI (Normalised Difference Vegetation Index), beobachtet mit AVHRR Instrumenten an Bord der NOAA Satelliten (1981-1998), zeigt die photosynthetische Aktivität der Vegetation als sogenannte "green wave". Mit verschiedenen Methoden wird für Deutschland aus der "green wave" Start und Ende der Vegetationsperiode abgeleitet und mit phänologischen Bodenbeobachtungen sowie entsprechenden meteorologischen Indices verglichen.

KLIMAAATLAS UND KLIMATOGRAPHIE DER GAW STATION SONNBLICK EINSCHLIEBLICH DER UMGEBENDEN GEBIRGSREGION

Ingeborg Auer, Reinhard Böhm, Wolfgang Schöner, Österreich

Ziel des Projekts ist es die klimatischen Bedingungen im Seehöhenbereich zwischen 500 und 3100 m für den Sonnblick und seine Umgebung umfassend darzustellen. Die letzte detaillierte und umfassende Klimatographie über den Sonnblick wurde 1938 publiziert. Einzeluntersuchungen aus neuerer Zeit existieren über die Parameter Niederschlag, Schnee und Gletscher. Die geplante Klimatographie soll (basierend auf Texten, Tabellen, Grafiken und hochauflösenden Karten)

- die **ZAHL DER AUSGEWERTETEN ELEMENTE** vergrößern. Es kommen also zu Niederschlag, Schnee und Gletscher noch Elemente wie Luftdruck, Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Bewölkung, Sonnenschein Strahlung, Windrichtung und Windgeschwindigkeit hinzu.
- zeitmäßig **MEHRERE PERIODEN** abdecken. 1961-1990 als die von der WMO definierte Standardperiode dient als Bezugszeitraum für die flächenhafte Darstellung des Klimas in Kartenform im Maßstab 1:250000 im Ausschnitt 46 40 N bis 47 30 N und 12 40 E bis 13 15 E. Auch die Vergleichstatistiken sollen diesen Zeitraum überdecken. 1887 bis 2000 ist der Zeitraum, der in Hinblick auf Klimaänderungen sowie auf Extremwerte dargestellt werden soll. Dabei kann auf den ALOCLIM Datensatz zurückgegriffen werden. Zusätzlich soll eine Analyse des übernormal warmen Zeitabschnittes 1991-2000 (chemische Periode), in dem vermehrt chemische Messungen auf dem Sonnblick durchgeführt wurden, erfolgen.
- die **KLIMAVERHÄLTNISSE FLÄCHENHAFT** darstellen. Von dem an der ZAMG vorliegenden Klimadatenmaterial werden die qualitätsgeprüften, monatlichen Werte der Klimadatenbank aus der Periode 1961-1990 verwendet werden. Für einige Klimaelemente (Temperatur, Niederschlag, Schnee) werden zur Messnetzverdichtung zusätzlich die entsprechen Daten des Hydrographischen Zentralbüros herangezogen. Für die Elemente Schnee und Niederschlag darüber hinaus noch das dichte Sondermessnetz von Schneepegeln und Totalisatoren. Die Weiterverarbeitung dieser Punktinformationen zu flächigen Karten soll mit entsprechenden Modellen, wie sie auch in ÖKLIM verwendet werden, erfolgen. Die Modelle werden aus den Klimadaten und geographischen Punktinformationen wie Seehöhe, Hangexposition, Geländeform, Bebauungsgrad, Oberflächenform etc. abgeleitet. Die geographischen Informationen werden aus drei Datenquellen entnommen: Höhenrastermodell des BEV (Auflösung 25m), dem Landnutzungsmodell Österreichs des Österreichischen Forschungszentrum Seibersdorf (jetzt: Austrian Research Center Seibersdorf) und IR Orthophoto Karte 1:10.000 (Befliegung 1998) Sonnblickgebiet. Die Verknüpfung der mathematisch klimatologischen Modelle mit den geographischen Modellen erfolgt mit den GIS Software Paketen Arc Info bzw. Arc View.
- die **KLIMATISCHEN UNTERSCHIEDE ZWISCHEN DEM SONNBLICK (FREI EXPONIERTE GIPFELSTATION) UND DER FREIEN ATMOSPHÄRE** aufzeigen in Hinblick auf Temperatur, Dampfdruck, Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Luftdruck (Auswertung von Zirkulationsparametern) mit Hilfe von Radiosondenmessungen. Basierend auf Interpolationen soll der Gitterpunkt Sonnblick aus umliegenden Radiosondenmessungen berechnet werden.
- als Ausblick auf zukünftige Themen der GAW Station eine Auswertung der **OZONMESSREIHE** zwischen 1.1.1993 und 30.4.2000 und der Niederschlagschemie (seit 1987) beinhalten.
- Um weitere Forschungsarbeiten, vor allem jene aus dem Bereich GAW, zu erleichtern wird auf einer beigelegten CD eine möglichst vollständige Zusammenstellung von **LITERATURZITATEN** zu finden sein. Darüber hinaus auch **DATENFILES** mit monatlicher und täglicher Auflösung.

Auf dem Poster werden bereits Ergebnisse präsentiert werden.

ÖKLIM – DER DIGITALE KLIMAAATLAS ÖSTERREICHS

Ingeborg Auer, Reinhard Böhm, Hans Mohrl, Roland Potzmann,
Wolfgang Schöner, Paul Skomorowski, Österreich

ÖKLIM soll eine umfassende Darstellung des Klimas von Österreich (1961-1990) in Form einer Multimedia CD-ROM geben und Grundlagen für ein weites Spektrum von Anwendungen im Bereich Klimafolgen, Planung, Unterrichtsbehelfe etc. schaffen. Gezeigt werden Klimakarten, Klimadiagramme, Klimatabellen, Textbausteine und Bildmaterial in Form von Fotos und Videoclips.

Als Basisinformation dienen Klimakarten über Temperatur, Niederschlag, Schnee, Sonnenschein, Bewölkung, Luftdruck, Luftfeuchte und Gewitter sowie von diesen Hauptelementen abgeleitete Größen, z.B.: Heizgradtage, Zahl der Tage mit Niederschlag, Anteil des festen Niederschlags am Gesamtniederschlag etc. Für die aus den Messdaten gewonnenen Punktinformationen müssen Modelle entwickelt werden, die die Höhen-, Expositions-, Geländeforms- und Landnutzungsabhängigkeiten der Klimaparameter mathematisch beschreiben. Die geographischen Informationen werden von zwei Datenquellen entnommen, dem an der ZAMG entwickelten Höhenrastermodell Österreich (Auflösung 30'') und dem Landnutzungsmodell Österreichs des ÖFZS (Auflösung 100 m). Die Verknüpfung der mathematisch-klimatologischen Modelle mit den geographischen Modellen wird mit ARCInfo durchgeführt.

Von der Karte ist es möglich, weiterführende Informationen über 70 Orte Österreichs, die horizontal und vertikal das Bundesgebiet abdecken, zu bekommen in Form von Grafiken und Tabellen, z.B: mittlere und extreme Tages- und Jahresverläufe, Häufigkeitsverteilungen und Extremwerte, homogenisierte Langzeit Klimazeitreihen.

Die Karten, Diagramme und Tabellen werden durch begleiteten Text kommentiert und durch Bildmaterial visuell ergänzt und veranschaulicht. Der Text soll bei wissenschaftlich sachlicher Richtigkeit allgemein verständlich sein, wobei Wirkungsmechanismen des Klimas, die Stellung Österreichs im globalen Klimasystem, Fragen der natürlichen und anthropogenen Klimavariabilität und Auswirkungen des Klimas miteinbezogen werden.

Bild- und Filmmaterial wird aus den Archiven von ZAMG, Privaten und der Wetterredaktion des ORF genommen, wobei hierbei speziell die Auswirkungen des Klimas gezeigt werden sollen.

ÖKLIM erfüllt den Informationsauftrag einer wissenschaftlichen Anstalt des Bundes an die Öffentlichkeit. Die CD wird anlässlich der 150 Jahresfeier der ZAMG produziert. Im Vortrag sollen ÖKLIM Ergebnisse schwerpunktmäßig gezeigt werden.

CHARAKTERISTISCHE ÄNDERUNGEN IM STRAHLUNGSKLIMA POTSDAMS UND IHRE URSACHEN

Klaus Behrens, Deutschland

Strahlung und Wolken haben eine Schlüsselfunktion bei der Herausbildung des Klimas. Die kurzwellige Einstrahlung von Sonne und Himmel, insbesondere die Globalstrahlung, ist eine Hauptkomponente im Energiehaushalt des Systems Erde - Atmosphäre und damit eine wichtige Antriebskraft für die atmosphärische Zirkulation. Die an der Erdoberfläche empfangene solare Strahlung wird wesentlich durch die Bewölkung beeinflusst.

Mittels der in Potsdam seit 1893 vorliegenden Aufzeichnungen der Sonnenscheindauer und der daraus berechneten Globalstrahlung sowie der seit 1937 gemessenen Komponenten der kurzwelligen Einstrahlung von Sonne und Himmel (direkte und diffuse Sonnenstrahlung, Globalstrahlung) werden die unterschiedlichen zeitlichen Veränderungen im Winter- und Sommerhalbjahr sowie in den Jahreswerten analysiert.

Auf der Basis einer kombinierten Analyse vom ebenfalls beobachteten Bedeckungsgrad und den verschiedenen Strahlungsgrößen werden indirekt die Veränderungen in der Transmission der Bewölkung untersucht.

Aussagen über die Ursachen der Veränderungen im Potsdamer Strahlungsklima werden unter Berücksichtigung des Bedeckungsgrades sowie unter der Einbeziehung der Großwetterlagen nach Hess-Brezowsky herausgearbeitet.

FREQUENZMODULATION UND PHASENSYNCHRONISATION ALS FINGERPRINTS

Peter Carl, Deutschland

Mehrfach zyklische Antriebe und die intrinsische Schwingungsfähigkeit des Klimasystems lassen vermuten, dass Verlauf und Konsequenzen des Globalen Wandels durch nichtlineare Systemresponse wesentlich mitbestimmt werden. Struktur und Response stehen in einem engen Zusammenhang. Die topologischen Strukturen im Phasenraum hoch auflösender Klimamodelle sind allerdings bisher ebenso unbekannt wie die des realen Systems, und offenbar besteht kein Bedarf diese Kenntnislücke zu schließen, obwohl bekannte und hartnäckige Modelldefizite - insbesondere im globalen Wasserkreislauf - hier ihre Wurzeln haben könnten. Mehr oder weniger elementare Konzepte aus der nichtlinearen Systemtheorie, die Ergebnisse konzeptioneller und intermediärer Modelle, sowie Inferenzen aus konzeptionell orientierten GCM-Studien sind daher der verfügbare Hintergrund für den gewagten Spagat, Typen nichtlinearen Verhaltens in der Evolution des realen Systems zu erkennen und möglichst für die Klimaprognose nutzbar zu machen. Glücklicherweise brachten die 90er Jahre des nun vergangenen Jahrhunderts interessante diagnostische Ansätze und Werkzeuge der Mustererkennung hervor, beispielsweise im Bereich der Sprachanalyse, die in der Klimatologie von Nutzen sein können für rein empirische Versuche der Signaltrennung. Die gemeinsame Analyse mehrerer Signalattribute, quasi eine Erweiterung von Zeit-Frequenz- bzw. Zeit-Scale-Methoden wie die gleitende Fourier- und die Wavelet-Transformation, stellt in ihrer logischen Konsequenz letztlich den Versuch einer signaltheoretisch begründeten 'Einbettung' dar, auch wenn es offenbar nur ein erster Schritt auf einem längeren Weg ist, der heute (u.a. aus Ressourcengründen) gegangen werden kann.

Motiviert durch das aus GCM-Studien abgeleitete Konzept der selbstinduzierten Phasenmodulation eines 'atmenden' Jahresganges der Allgemeinen Zirkulation der Troposphäre, wird das Ergebnis einer hochauflösenden Projektion typischer Zeitreihen des Systems für den 128-jährigen Zeitraum 1870-1997 auf einen sieben-dimensionalen Signalraum vorgestellt. Als Elementarsignale werden frequenzmodulierte Gabor-Atome verwendet, Fourier-Basis und Wavelet-Frame inclusive. Die Zerlegung erfolgt also mittels eines hochgradig redundanten "Wörterbuchs" von Wellenformen und ist im allgemeinen nicht-orthogonal. Es ergeben sich in der Tat deutliche Hinweise darauf, dass großskalige Amplitudenschwankungen sowohl im solaren Antrieb als auch in der thermischen Anregung des Klimasystems ihr Pendant haben in tiefer Frequenzmodulation seiner natürlichen Oszillatoren des interannuellen Bereichs. Seit den 70er Jahren, auf der Höhe des solaren Energiestromes, treten u.a. Synchronisationseffekte in führenden Moden der global gemittelten bodennahen Lufttemperatur hervor, die auf resonante Response hindeuten. Temporäre Phasen- und Frequenzsynchronisation eines dieser Oszillatoren mit dem Schwabe-Zyklus und die gegenläufige Drift eines anderen, die eher mit der thermischen Entwicklung im System selbst konform geht, lassen die Möglichkeit einer Signaltrennung in der Entwicklung der Modenstrukturen als realistische Option erscheinen.

KLIMAATLAS DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND
E. Dittmann, G. Müller-Westermeier, Deutschland

Es wird das Projekt zur Erstellung eines mehrbändigen Klimaatlasses von Deutschland präsentiert.

Das Verfahren zur Erstellung der Karten wird erläutert.

Der bereits vorliegende Band 1 und der in Bearbeitung befindliche Band 2 werden an Hand von beispielhaften Karten vorgestellt.

Es wird eine Übersicht über den Zeitplan und den vorgesehenen Inhalt der weiteren Bände geben.

DIE NUTZUNG VON SATELLITENDATEN FÜR KLIMATOLOGISCHE ANWENDUNGEN: SATELLITE APPLICATION FACILITY ON CLIMATE MONITORING

Peer Hechler, Deutschland

Die Sorge der Menschheit vor einer nachhaltigen Veränderung des Klimasystems führt weltweit zu einer Reihe wissenschaftlicher, politischer und sozialökonomischer Aktivitäten. Dabei stehen z.Zt. die Untersuchung der natürlichen Variabilität unseres Klimas sowie des Einflusses menschlichen Tuns im Vordergrund.

Der Deutsche Wetterdienst sieht es als national führender und international anerkannter Dienstleister auf den Gebieten Wetter und Klima daher als einen seiner strategischen Schwerpunkte an, neue Datenquellen für die Untersuchung und die Überwachung des Klimasystems zu erschließen. Dieses Verständnis leitet sich auch aus den langjährigen Erfahrungen ab, die bspw. auf den Gebieten der Klimaüberwachung sowie der Satellitendatenverarbeitung erworben wurden.

Im Rahmen einer beispielhaften internationalen Zusammenarbeit hat der DWD daher die Aufgabe übernommen, als Leitinstitution für die Ableitung klimatauglicher Parameter aus einer neuen Generation von Satelliten (MSG, EPS-METOP) zu fungieren. Im Rahmen dieser internationalen Zusammenarbeit (Satellite Application Facility on Climate Monitoring; CM-SAF) wird zunächst in einem 5-jährigen Projekt die Entwicklung und Implementierung von Auswertelgorithmen in Angriff genommen. In einem zweiten Schritt werden dann dezentrale Auswertezentren betrieben, die die Satellitendaten routinemäßig in meteorologische Produkte umwandeln.

Das in englischer Sprache gehaltene Poster beleuchtet Motivation und Hintergrund des CM-SAF, benennt die Partnerinstitutionen und stellt die Produktgruppen des Projektes vor.

UNTERSUCHUNG DES EINFLUSSES DER NAO AUF EUROPA ANHAND VON VERTEILUNGSFUNKTIONEN DER ATMOSPHAERISCHEN PARAMETER

Sabine Kleppek, Deutschland

Die Auswirkungen der Nordatlantischen Oszillation auf das Wetter und Klima in Europa sind zwar schon häufig untersucht worden, aber bisher nicht hinreichend geklärt. In dieser Arbeit wird der Versuch unternommen, die Abhängigkeiten der atmosphärischen Parameter über Europa von der NAO nicht über Mittelwerte und Korrelationsrechnungen zu untersuchen, sondern mit Hilfe von Verteilungsfunktionen. Dabei lautet die Frage, ob sich die Häufigkeitsverteilungen eines Parameters im Winter an einer Station oder in einem Gebiet mit der NAO ändern. Die Verteilungen bieten den Vorteil, dass damit gleichzeitig der Mittelwert, die Varianz und Extremwerte abgeschätzt werden können. Im ersten Schritt sind die Größen Bodendruck, bodennahe Lufttemperatur und Feuchte, sowie Niederschlag behandelt worden. Als Basisdaten wurden dabei NCEP/NCAR Reanalysedaten von 1948 bis 2000 herangezogen. Für die Beurteilung der Verteilungsfunktionen und ihrer Differenzen für unterschiedliche NAO-Indizes wird die Recurrence-Analyse angewendet. Die Berechnung der Verteilungsfunktionen geschieht mit der 'kernel density method', welcher ein 'Gaussian kernel' zugrunde liegt, um die Verteilungen zu glätten. Es werden somit eindimensionale Wahrscheinlichkeitsdichtefunktionen an verschiedenen Orten Europas, einmal für eine Zeitreihe hoher NAO-Jahre und dem gegenüber für eine Zeitreihe niedriger NAO-Jahre, berechnet. Der Vergleich zeigt nicht nur den Einfluss der NAO auf die Klimaparameter, sondern weist auch die Regionen aus, die am stärksten beeinflusst sind. Die Ergebnisse mit den NCEP/NCAR Reanalysedaten werden schliesslich mit einzelnen langen Zeitreihen von Temperatur, Druck und Niederschlag an verschiedenen Orten West- und Mitteleuropas überprüft.

UPSCALING MITTLERER MONATLICHER NIEDERSCHLAGSSUMMEN DER MESSSTATIONEN MIT HILFE VON NEURONALEN NETZEN UND GIS-BASIERTER EINFLUSSFAKTOR-FLÄCHEN – MÖGLICHKEITEN UND GRENZEN DER GENERIERUNG ÖSTERREICHWEITER KARTEN

Wolfgang Loibl, Leonhard Schwarz, Österreich

Der Niederschlag wird von einem komplexeren Wirkungsgefüge beeinflusst als etwa die Temperatur. Die häufig verwendeten regressionsanalytischen Ansätze die zur Modellierung lediglich das digitale Höhenmodell und globale oder lokale Höhengradienten einbeziehen, liefern deshalb unbefriedigende Ergebnisse – vor allem wenn es um Karten geht, welche die räumliche Verteilung der Niederschläge in einer feineren zeitlichen Auflösung als jährliche Niederschlagssummen darstellen.

Im Zuge des Projektes wurden empirische Annahmen getroffen, welche Kriterien den Niederschlag (im Monatsmittel) beeinflussen - lokale singuläre Ereignisse, wie Gewitter, Starkregen etc. gehen nur insofern in den Datensatz ein, soweit sie den Mittelwert signifikant beeinflussen. Folgende Einfluss-Gruppen wurden nachdem sie als relevant befunden wurden, räumlich modelliert und im Hinblick auf Ihren Einfluss auf die monatlichen Niederschlagssummen analysiert:

- Seehöhe
- Staulagen (Nordwest / Südwest)
- Prallhänge / Leelagen zu den Hauptwindrichtungen als Regenschatten)
- Nähe zum Alpenhauptkamm (zur Ausweisung von inneralpinen Trockengebieten)
- West - Ost - Gradient (Kontinentalität) / Nordwest - Südost - Gradient (Marinität)

Die räumliche Modellierung dieser Parameter innerhalb des GIS erfolgte weitgehend mit Hilfe des digitalen Höhenmodells. Die Einflussgrößen wurden sowohl flächenhaft als digitale Modelle generiert, als auch für die Messstationen ausgewiesen, damit die statistische Beziehung zwischen Klimafaktoren und geographischen Einflussgrößen berechnet werden konnten.

Es zeigte sich, dass als wesentliche Einflussfaktoren neben der Seehöhe, die großräumige Lage (Kontinentalität...) und die großräumige Exposition relativ zu den Großwetterlagen - also vor allem die Staulagen von Belang sind.

Neuronale Netze liefern anders als Regressionsmodelle keine Funktion in welche die erklärenden Variablen eingesetzt werden, sondern liefern anhand der Einflussfaktoren und einer Vielzahl von Iterationen (bis zu 1000), mit denen das (nichtlineare) interne Erklärungsmodell trainiert wird. Hier wurde ein Backpropagation Multilayer Perceptron mit 6 - 18 Knoten im Inputlayer und mit einer z.T. noch größeren Anzahl an Knoten im hidden layer eingesetzt. Für jedes Monat wurde in weiterer Folge eine Vielzahl von Variablenkombinationen getestet um zu optimalen Ergebnissen zu kommen. Die Fehlerkoeffizienten weisen auf Erklärungsanteile von 60 bis 80 % hin. Bis zur Tagung ist vorgesehen die räumliche Auflösung von derzeit 3x3 km auf 1x1 km zu verbessern.

**ERGEBNISSE DER MONITORING ZENTREN FÜR DAS
GLOBAL CLIMATE OBSERVING SYSTEM SURFACE NETWORK
MIT SPEZIELLEM AUGENMERK AUF DIE WMO REGION VI EUROPE**

S. Rösner, Deutschland

Um die Verfügbarkeit und Qualität von CLIMAT Meldungen der für das GCOS Surface Network (GSN) ausgewählten Stationen zu überwachen, wurde 1999 mit dem Aufbau zweier Überwachungszentren begonnen. Die Zentren werden in enger Zusammenarbeit vom japanischen (JMA) und Deutschen Wetterdienst (DWD) als Beitrag zum Global Climate Observing System (GCOS) betrieben. Die Ergebnisse der Überwachungsaktivitäten werden in einer relationalen Datenbank abgelegt.

Beide Zentren überwachen gemeinsam die Verfügbarkeit der global über das globale Telekommunikationssystem der Wetterdienste (GTS) verbreiteten CLIMAT-Meldungen, einem speziellen Fernmeldformat, dass zwischen den Wetterdiensten für den Austausch klimatologischer Meldungen vereinbart wurde. Für ihre Überwachungsfunktion verwenden beide Zentren die gleiche Software, die vom DWD entwickelt und gepflegt wird. Sie ist in der Lage, fehlerhaft formatierte Meldungen zu erkennen und diese teilweise auch zu korrigieren.

Im Hinblick auf die Überwachung der Qualität der Meldungen, konzentrieren sich die beiden Zentren auf unterschiedliche Parameter. Während der japanische Wetterdienst die Qualität der monatlichen Mitteltemperaturen prüft, betrachtet der Deutsche Wetterdienst die übermittelten monatlichen Niederschlagssummen. Dabei nutzt er Verfahren und Erfahrung des von ihm betriebenen Global Precipitation Climatology Centre (GPCC).

Die Ergebnisse der Überwachungsaktivitäten werden in halbjährlichen Berichten an die WMO sowie im Internet publiziert.

In dem Beitrag werden die Überwachungsverfahren beschrieben sowie die Resultate für die WMO Region VI (Europa) vorgestellt.

RÄUMLICHE MODELLIERUNG VON KLIMAPARAMETERN MITTELS GIS

Wolfgang Schöner, Ingeborg Auer, Reinhard Böhm,
Hans Mohnl, Roland Potzmann, Österreich

GIS (Geographische Informationssysteme) im Sinne von Software Produkten ermöglichen eine große Vielfalt der räumlichen Modellierung und Visualisierung von Klimaparametern. Neben einer Darstellung der Klimaparameter in Form von Klimatographien wird in Zukunft eine interaktive-internetbasierte Klimakartendarstellung (mit verschiedener zeitlicher Auflösung) stark an Bedeutung gewinnen. Die Erarbeitung von Klimatographien kann hierbei auch als erster Schritt dieser Entwicklung angesehen werden. An der ZAMG besteht nun eine mehrjährige Erfahrung GIS-basierter Klimamodellierung. Im Rahmen dieser Arbeiten konnte ein umfangreiches Methodenwerkzeug für die räumliche Modellierung verschiedener Klimaparameter erarbeitet werden. GIS bieten jedoch nicht nur eine große Vielfalt der räumlichen Modellierung und Visualisierung sondern auch ein breites Spektrum synthetischer Verknüpfungen von Klimainformationen, die unter anderem auch zur Verifikation der Ergebnisse verwendet werden können. Als Beispiele seien hier die Summe aus relativer Sonnenscheindauer und Bewölkung oder die Neuschneesumme (gemessen bzw. berechnet aus dem Anteil des festen Niederschlags und der Niederschlagssumme) erwähnt.

Die vorliegende Arbeit versucht eine synthetische Betrachtung der räumlichen GIS-gestützten Modellierung verschiedener Klimaparameter auf Basis von Monatswerten bzw. Jahreszeitenwerten. Die gewonnenen Erkenntnisse wurden vorwiegend während des Projektes ÖKLIM (Digitale Klimatographie von Österreich) erarbeitet. Eine wesentliche Grundlage der GIS-basierten Klimamodellierung ist die Geländehöheninformation (DHM). Die Genauigkeit des DHM bestimmt unter Umständen bei einer Modellierung mittels Höhenabhängigkeit sehr stark das Ergebnis und bedarf daher einer eingehenden Genauigkeitsanalyse. Des weiteren kann gezeigt werden, dass im allgemeinen eine Kombination von deterministischer und stochastischer Analyse einer rein stochastischen Modellierung vorzuziehen ist. Stochastische Ansätze sind besonders in einem orographisch stark gegliederten Land wie Österreich unzureichend. Schließlich wird gezeigt, dass für Darstellungen in Form von Klimakarten (Kartenbild und Legendengestaltung) die Genauigkeit der Modellierung zu berücksichtigen ist, um eine Überinterpretation zu vermeiden.

WASSERDAMPFTRANSPORT UEBER DEM NORDATLANTIK IN ABHAENGIGKEIT VON DER NORDATLANTISCHEN OSZILLATION

S. Schroeder, E. Ruprecht, Deutschland

Als eine der wichtigsten Quellen der atmosphärischen Variabilitäten in der Region des Nordatlantiks hat die Nordatlantische Oszillation einen grossen Einfluss auf das Klima dieser Region und der angrenzenden Kontinente (Hurrell, 1996). In dieser Arbeit wird der Einfluss der NAO auf den Wasserdampftransport ueber dem Nordatlantik untersucht. Hurrell hat schon 1995 einen Zusammenhang beschrieben, er beschränkte sich bei seinen Untersuchungen jedoch auf den totalen mittleren Transport und Daten aus dem Zeitraum 1979-93. Damit konnte er zeigen, dass sich in den Jahren niedriger bzw. fast normaler NAO die Achse des maximalen Feuchtetransportes von West nach Ost ueber den Nordatlantik nach Europa hinein erstreckt. In den Jahren hoher NAO hingegen verschiebt sich die Hauptachse zu einer mehr von Suedwesten nach Nordosten verlaufenden Richtung ueber den Nordatlantik, und der Transport reicht weiter in den Norden und Osten von Nordeuropa und Skandinavien hinein. Waehrend gleichzeitig eine Reduzierung der Feuchte ueber dem suedlichen Teil Europas, dem Mittelmeerraum und Nordafrika zu beobachten ist.

Im ersten Teil dieser Arbeit wurde untersucht, ob die Aussagen von Hurrell auch auf einen laengeren Zeitraum zutreffen. Zusaetzlich wird der totale mittlere Fluss in seine 2 Komponenten, den mittleren und Eddy-Transport, aufgespalten (Hasimoto, 1988), und der Einfluss der NAO auch auf diese beiden Fluesse untersucht. Fuer die Wasserdampf-flussberechnungen wurden NCEP/NCAR-Reanalyse-Daten der spezifischen Feuchte und der zonalen und meridionalen Windkomponenten aus dem Zeitraum 1948--1999 auf einem 2.5*2.5 Grad Gitter verwendet.

Bei den Untersuchungen zeigt sich, wie bei Hurrell, eine Verlagerung der Hauptachse des totalen mittleren Wasserdampftransportes ueber dem Nordatlantik von niedrigen zu hohen NAO Jahren. Aehnliche Ergebnisse erhaelt man auch beim mittleren Wasserdampftransport. Im Vergleich dazu ist der Einfluss der NAO auf den Eddy-Transport eher gering und zeigt sich nur im westlichen Teil des Nordatlantiks. Dort ist der von Sueden nach Norden verlaufende Fluss bei hoher NAO staerker als in niedrigen NAO-Jahren.

Weitere Untersuchungen zum Einfluss der NAO auf die Wasserdampf-fluesse zeigen, dass auch das Feld der Flussdivergenzen mit der NAO korreliert ist. Diese Felder fuer unterschiedliche Zustaeude der NAO und die zugehoerigen Niederschlagsverteilungen werden ebenfalls gezeigt.

NEUER OSZILLATIONSINDEX FÜR 7 SEKTOREN DER NORDHEMISPHÄRE (U.A. ZUR IDENTIFIZIERUNG VON EXTREMEN POLARWIRBEL-LAGEN UND BLOCKHOCHS)

H. Schulze-Neuhoff, Deutschland

1. Es gibt viele Zirkulationsindizes wie u.a. die NAO (= Nordatlantik-), WPO & EPO (= West- & East-Pazifik-), AO & PDO (= Arctic- & Pazifik-Decadal-Oszillation). Heute stelle ich Ihnen einen neuen Index im Steuerungsniveau 500 oder 300 hPa vor, u.a. den neuen Index "**EURO**" = **Europa-Oszillationsindex** für den Sektor 0-60E. Der Nachteil des bisherigen NAO-Index: er ist ein Index entlang fester Strecken (u.a. Azoren - Island), er erfasst dadurch z.B. Blockierungen = neg. NAO) nicht, wenn die Blockierung dazwischen liegt. Statt bisher uneinheitlicher Indizes sind die neuen Indizes einheitlich und decken die gesamte Nordhalbkugel nördlich 50 N ab (Polar-Index und 6 "gemäßigte Indizes": EURO, SIBO, NPO, WPO, KANO, NAO (je 60°-Sektoren)

2. **Fünf Spezialfälle von Polarwirbel-Positionen** werden im folgenden vorgestellt. Diese lassen sich mittels des Index aus archivierten Gitterpunktwerten und aktuellen Zirkumpolarkarten schnell mit PC ermitteln und auswerten. Sie beeinflussen auch u.a. das Klima im Nordpazifik (auch die PDO = Pazifisch-Dekadale Oszillation?), Nordamerika und Europa.

a) **kräftige Polarwirbel**: u.a. im Dez. 1994 und Feb.2000 sorgten sie für milde Winter in Europa, siehe Lage vom 31.12.1994 . Bei gespaltenem & geschwächtem Polarwirbel besteht je nach Lage Aussicht auf kalte Winter oder Hochwasser (in Europa)

b) "**antizyklonale Dipollagen***": Ein Polarwirbel über Kanada und ein zweiter über Sibirien bilden dabei ein Dipolsystem. Diese Lagen bedeuten Kälte in Europa wie in den Wintern 1954+56, 1962/63, 1985-87 und 1996+97

c) "**zyklonale Dipollagen***": sie bilden das Gegenstück zu b). Dann liegen quasistationäre Dipole im Raum Island und Jakutien und bedeuten oft Hochwasser an der Mosel, so im Januar und Dezember 1993, Januar 1995 und Oktober 1998.

d) "**Tripollage**": **der Winter 1976/77** und **Dezember 2000** waren extrem kalt & schneereich im Osten und Süden der USA. Ursache war jeweils der extrem tief und südlich (bei 50 N) gelegene Polarwirbel (siehe die Lagen vom 29.12.1976 und 25.12.2000). Letzere zeigte drei Polarwirbel: über Ontario, dem Nordpolarmeer und über der Ostküste des Ostpazifik

e) "**Polarwirbel Asien**": Extrem gegensätzlich zu 1976 war der Dezember 1987 mit extrem tiefem und langlebigem Polarwirbel über Sibirien & Jakutien und hohem Druck über Kanada/USA.

3. **ein quasi-Monatszyklus von Blockhochs über Westeuropa trat von Oktober 1999 - Mai 2000 auf (8 Monate)**:

nördlich 50 Nord am 3.10., 11.11., 20.12., 17.01., 16.02., 15.03., 11.04. 12.05.

Dann dominierten Blockhochs über Nordost-Europa von April bis Dez. 2000 (8 Monate):

am 29. 04., 23. 05., 28.06., 21. 07., 28. 08., 22. 09., 08. & 22. Okt.10., 09. & 23. Nov., 08. & 22. Dez., ab Okt. ein 1/2 Monatszyklus, zuletzt Blockhoch über der Deutschen Bucht am 22. mit 564 gpdm in 500 hPa)

Die Verlagerung der Höhenhochkeile und Blockhochs ab Juni 2000 mit sog. "Westpulsation" hohen Drucks ist als Animation unter www.netgis.de/hochdruck/start.htm zu bewundern.

* = das "zyklonal" und "antizyklonal" bezieht sich auf die Witterung in Europa

TEMPERATUREINSENKUNG BEI EINER SONNENFINSTERNIS

Albert Sudy, Österreich

1. Einleitung

Die Temperatureinsenkung ist ein mehr oder weniger ausgeprägtes Phänomen bei einer totalen Sonnenfinsternis und hängt von mehreren Faktoren wie etwa der Tageszeit, der Bodenbeschaffenheit, aber auch von den Bewölkungsverhältnissen ab.

Je nach Lage ist ein Abfall zwischen 2 und bis zu 8 Grad zu erwarten.

Auch die geographische Lage spielt eine Rolle. Der Effekt ist in Äquatornähe stärker ausgeprägt als in hohen geographischen Breiten. Auch über Land ist der Effekt wesentlich stärker spürbar als über Wasser.

2. Messungen

Beim aktuellen Fall der totalen Sonnenfinsternis über dem südlichen Afrika am 21.06.2001 wurde in Lusaka (Sambia) mit einem hochauflösenden Datenlogger eine Temperatureinsenkung von 4,5 Grad C am Nachmittag gemessen.

Als Vergleich sollen weitere Temperaturkurven, aufgenommen bei totalen Sonnenfinsternissen, dienen.

Temperatureinsenkung bei der tot.SOFI, gemessen am 24.10.1995 in Fathepur Sikri (Östl. Länge $-77^{\circ} 39,993$; nördl. Breite $+27^{\circ} 05,848$). Hier verfinsterte sich die Sonne in den Morgenstunden. Wenn man die im Tagesgang ansteigende Temperatur extrapoliert, kann man eine Einsenkung um 3,7 Grad C feststellen.

Die Kurve der „Heimfinsternis“ vom 11.08.1999 brachte für Graz (Station Graz UNI) nur eine Einsenkung um 2,5 Grad C. Das Ergebnis war hier durch einige durchziehende Wolkenfelder gedämpft.

3. Ergebnisse / Ausblick

Der Temperaturabfall bei einer Sonnenfinsternis kann Auslöser einer Reihe weiterer Wettereffekte sein. Es kann zu Finsterniswinden, Finsternis-Zyklonen und Gust fronts kommen. Bei künftigen Finsternissen sollten auch Luftfeuchte, Wind und Luftdruck mit hoher Auflösung gemessen werden.

AUSGEWÄHLTE ERGEBNISSE DER KLIMATOGRAPHIE SALZBURG

Markus Ungersböck, Ingeborg Auer, Reinhard Böhm, Österreich

Die Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik wurde vom Land Salzburg mit der Erstellung einer Klimatographie des Landes beauftragt. Ausgewählte Ergebnisse der Kapitel Niederschlag, Schnee, Lufttemperatur, Luftfeuchte sowie der Bewölkung werden in Hinblick auf räumliche Muster (im Zeitraum 1961 bis 1990) und auf zeitliche Änderungen seit der Mitte des 19. Jahrhunderts untersucht.

Das Klima einer Region stellt ein Naturraumpotential dar und bestimmt in vielfältiger Art und Weise das Leben des Menschen. Es erfordert unterschiedliche Vorkehrungen, Verhaltensweisen und künstliche Hilfsmittel, um in ihm und mit ihm leben zu können. Die Palette reicht von klimagerechter Bauweise bis hin zur Abschätzung von Gefahrenpotentialen wie etwa durch Schnee und Extremniederschlägen. Die Klimatographie Salzburg soll diesen Aspekten gerecht werden. Sie soll einerseits die klimatologischen Eigenheiten einer Region erfassen und beschreiben, andererseits soll sie dem Anwender das rasche Arbeiten mit Tabellen, Grafiken und Karten ermöglichen. An modernen, umfassenden Bundesländerklimatographien innerhalb Österreichs sind derzeit die Klimatographien von Wien, Oberösterreich, Vorarlberg und dem Burgenland vorhanden.

Neben dem Datenmaterial der Zentralanstalt (ZAMG) wurden zur Untersuchung auch jene aus dem Meßnetz des Hydrographischen Zentralbüros (HZB) verwendet, wobei die ältesten Aufzeichnungen bis in das Jahr 1842 (Station Salzburg) zurückreichen. Die Weiterverarbeitung der Punktinformationen (die Stationsdaten) zu flächigen Karten stellt in einem Gebirgsland wie Salzburg eine Herausforderung dar, die durch direkte Interpolationsmethoden wie Kriging, optimal Interpolation, u.a. nicht gelöst werden können, da dazu auch die in Österreich gegebene hohe Meßnetzdichte bei weitem nicht ausreicht. Es sind verschiedene Modelle zu entwickeln, die die Höhen-, Expositions-, Geländeforms- und Landnutzungsabhängigkeit der Klimaparameter mathematisch beschreiben. Mit Hilfe dieser Modelle kann eine deutlich verbesserte flächige Darstellung der Klimaelemente erreicht werden.

Die Modelle werden aus den Klimadaten und geographischen Punktinformationen wie Seehöhe, Hangexposition, Geländeform, Bebauungsgrad, Oberflächenart etc. abgeleitet. Die geographischen Informationen werden aus zwei Datenquellen entnommen: dem Höhenrastermodell Salzburg vom BfEV (Auflösung 25 bzw. 50m) und dem Landnutzungsmodell Österreichs vom ÖFZS (Auflösung 50m). Verknüpft werden die mathematisch-klimatologischen Modelle mit den geographischen Modellen mit dem Programm ArcInfo.

In dem präsentierten Poster werden einige Aspekte der erwähnten Klimaelemente gezeigt.

SIGNALANALYSE UND DETEKTION DES ANTHROPOGENEN TREIBHAUSEFFEKTES MIT NEURONALEN NETZEN

Andreas Walter, Deutschland

Beim Klimasystem handelt es sich um ein äußerst komplexes nicht-lineares System. Je höher die Komplexität eines Systems ist, desto schwieriger gestalten sich statistische Untersuchungen eines solchen Systems. Aufgrund ihrer Fähigkeit multiple nicht-lineare Eingabe-Ausgabe Relationen zu erfassen und zu modellieren, sind Neuronale Netzwerk Modelle (NNM) somit eine geeignete statistische Modellierungstechnik für Untersuchungen des Klimasystems.

Wir stellen Ergebnisse der Analyse von Temperaturanomalien mittels des am häufigsten verwendeten neuronalen Algorithmus, dem Backpropagation Algorithmus' (BPN) mit und ohne additiven Momentum-Term, auf einer globalen, hemisphärischen und regional differenzierten Skala vor und vergleichen diese mit den Ergebnissen eines traditionellen multiplen linearen Regressionsmodells (MLR).

Es zeigt sich, daß neuronale Netze bis 88% an Varianz erklären und die Residuen als Rauschen interpretiert werden können. Die extrahierten natürlichen (Sonne, Vulkanismus, El Niño) und anthropogenen Signale (CO₂, trop. Sulfataerosol und kombiniertes Signal) zeigen plausible Zeitstrukturen und Amplituden im untersuchten Zeitraum 1856-1998, z.B. BPN global: CO₂: +1.11°, Sulfat: -.36° und kombiniertes Signal: +.79°.

In einem zweiten Schritt werden diese Analysetechniken auf einen Datensatz EOF-transformierter raum-zeitlicher Temperaturanomalien angewandt.

Unter Verwendung des Signal-Rausch-Verhältnisses wird eine Detektionsvariable definiert und gezeigt, daß NNM einen signifikant höheren anthropogenen Effekt finden, als hierzu das MLR in der Lage ist.

DER KLIMASTATUSBERICHT DES DEUTSCHEN WETTERDIENSTES

Martin Werscheck, Deutschland

Der Deutsche Wetterdienst veröffentlicht seit dem Jahr 1998 regelmäßig jährlich den Klimastatusbericht, der als nationaler Beitrag zum Klimamonitoring über die klimatischen Verhältnisse in Deutschland des jeweils vergangenen Jahres informiert. Darüber hinaus werden exemplarisch besondere, klimarelevante Ereignisse des vergangenen Jahres vorgestellt und in klimatologisch zentrierten Fach- und Hintergrundartikeln, meist gruppiert um ein besonderes Schwerpunktthema, Basisinformationen vermittelt.

Das Schwerpunktthema der diesjährigen Ausgabe lautet „Klimatologie der freien Atmosphäre“; in mehreren Fachbeiträgen werden die klimarelevante Rolle der freien Atmosphäre im Klimasystem und Trenduntersuchungen vorgestellt.

Weitere Artikel befassen sich u.a. mit den Themen „Langfristige Abnahme der Globalstrahlung“, „Vulkanismus und Klima“ sowie „Problematik der Analyse von Klimatrends auf der Basis von Stationszeitreihen“.

In dem als A0-Poster vorgesehen Beitrag werden auszugsweise einige der im Klimastatusbericht veröffentlichten Ergebnisse des Klimamonitorings dargestellt.

STATISTISCHE DETEKTION DES ANTHROPOGENEN TREIBHAUSSIGNALS IN BEOBACHTETEN GLOBALEN UND REGIONALEN KLIMADATENFELDERN

T. Staeger, J. Grieser, C.-D. Schönwiese, Deutschland

Diese Studie befasst sich mit der Analyse von Beobachtungsdaten der letzten etwa 100 Jahre und deren Zuordnung zu anthropogenen und natürlichen Einflüssen. Die Daten beinhalten jährliche, saisonale und monatliche Mittel (bzw. Summen) der bodennahen Lufttemperatur, des auf NN reduzierten Luftdrucks und des Niederschlages (letzteres nur für Europa). Die räumliche Auflösung reicht vom globalen Mittel über 80 flächengleiche Gebietsmittel auf der globalen Skala bis zu Gitterpunkten auf der europäischen Skala. Zuerst wurden die Daten mittels einer EOF-Analyse vorbehandelt um räumliche bzw. zeitliche Hauptstrukturen der Datenfelder zu erhalten. Danach wurden die zeitlichen Hauptstrukturen (PC-Zeitreihen) als Zielgrößen in einer sukzessiven, multiplen Regressionsanalyse verwendet, wobei Zeitreihen folgender Einflüsse als potentielle Regressoren zur Verfügung standen: Treibhausgase (GHG), troposphärisches Sulfataerosol, explosiver Vulkanismus, solare Aktivität, El Niño / Southern Oscillation und die Nordatlantikoszillation (NAO). Für jeden Einfluß und jede Zielgröße wurden raum-zeitliche Felder von Signalamplituden und Signal-zu-Rausch Verhältnissen berechnet. Die unerklärte Varianz wurde in eine strukturierte und eine unstrukturierte Komponente aufgespalten, wobei letztere eine Abschätzung für das "Klimarauschen" darstellt. Es zeigt sich, dass die gesamte und die durch Treibhausgase erklärte Varianz im Falle der global gemittelten Temperatur maximal ist, und sich mit zunehmender räumlicher Differenzierung und für andere Klimaelemente als die Temperatur verringert (sie ist minimal im Falle des europäischen Niederschlages). Die Detektion des anthropogenen Treibhaussignals wurde auf zwei alternative Arten durchgeführt: Zum einen wurde als Rauschkomponente die oben erwähnte unstrukturierte Residualkomponente verwendet (Fall A), zum anderen wurde die Summe aus natürlicher Variabilität und unerklärter Varianz zum Rauschen zusammengefasst (Fall B). Bei der globalen Mitteltemperatur übersteigt die Wahrscheinlichkeit für einen anthropogenen Klimawandel die 99,9%-Signifikanzschwelle im Jahr 1973 (Fall A), bzw. 1989 (Fall B). Bei den globalen Gebietsmitteln der Temperatur wird im Jahr 1995 in 42 (Fall A) bzw. 28 (Fall B) von 72 Gebieten die 95%-Schwelle für einen anthropogen verursachten Klimawandel überschritten. In den europäischen Gitterpunktsdaten ist der Einfluß der NAO dominant. Es ist eine offene Frage, ob auf der europäischen Skala eine Kopplung zwischen NAO und GHG besteht, welche den Einfluß des anthropogenen Treibhauseffektes dort "maskieren" würde. Solare Einflüsse sind in den meisten Fällen deutlich schwächer als die der Treibhausgase.

DIE LANGZEIT-VARIABILITÄT VON TEMPERATUR UND NIEDERSCHLAG IM ALPENRAUM

Reinhard Böhm, Ingeborg Auer, Wolfgang Schöner, Österreich, Michele Brunetti, Maurizio Maugeri, Teresa Nanni, Italien, Corinna Huhle, Deutschland

Im Rahmen des EC-Projects ALPCLIM konnte ein neuer Langzeit-Datensatz instrumenteller Zeitreihen von Temperatur und Niederschlag im Alpenraum geschaffen werden. Im Gebiet 4 bis 18 Grad E, 43 bis 49 Grad N wurden etwa 120 Temperatur- und 170 Niederschlagsreihen von den verschiedenen nationalen und regionalen Datenerzeugern sowie von internationalen Datensätzen gesammelt und auf nicht klimatische Inhomogenitäten getestet. Die Testmethode basierte auf einer Kombination von relativen Homogenitätstests unterstützt durch Meta-Daten. Es zeigte sich, dass es keine a priori homogenen Einzelzeitreihen gibt, und dass auch regional gemittelte Originalreihen über größere Gebiete noch systematisch verfälschte Klimasignale enthalten. Das gilt auch für die entsprechenden Gitter-Boxen der existierenden globalen Datensätzen wie den der CRU-East Anglia. Insgesamt wurden in den 97 homogenisierbaren Temperatur- und den 156 Niederschlagsreihen im Zuge der Homogenisierung mehr als 1000 Inhomogenitäten erkannt und beseitigt. Die Methode vergleicht in regionalen Untergruppen von ca. 10 Reihen alle Reihen mit allen – getrennt nach Winter- und Sommerhalbjahr, die Sprung-Signale werden in einer „Break-Matrix“ gesammelt und nach Wahrscheinlichkeitskriterien sowie Meta-Daten einer Reihe zugeordnet. Die Beseitigung der nicht klimatologischen Sprungstellen erfolgte wahlweise unter der Annahme der Konstanz von Differenzen, Quotienten oder linearen Regressionen mit in zeitlich begrenzten Unterperioden homogenen hoch korrelierten Vergleichsreihen. Die Methode vermeidet weitgehend unzulässige Anpassungen an Referenzreihen und Export von Trends über größere Entfernungen.

Eine Regionalisierung auf der Basis einer PCA (Principal Component Analysis) der Einzelmonatswerte (sowohl für alle 12 Monate des Jahres, als auch getrennt nach Jahreszeiten) ergab die Existenz einer Reihe von signifikant unterschiedlichen Klimaregionen (weniger für die Temperatur, mehr für den Niederschlag). Ein Vergleich der (Tiefpassgefilterten) Langzeitvariabilität ergab ein einheitliches Langzeit-Verhalten der Temperatur im gesamten Untersuchungsgebiet (auch bezüglich der vertikalen Dimension), hingegen signifikante regionale Unterschiede beim Niederschlag. Die regionalen Langzeitreihen der instrumentellen Phase (zurück bis 1760 bei der Temperatur, bis 1800 beim Niederschlag) werden im Vortrag vorgestellt und diskutiert.

LANGZEITVARIABILITÄT DES ALPINEN NIEDERSCHLAGS IM 20. JAHRHUNDERT

J. Schmidli, C. Frei, C. Schaer, Schweiz

Für die Untersuchung der Langzeitvariabilität des Niederschlags im Alpenraum werden genaue mesoskalige Niederschlagsanalysen über einen Zeitraum von mehreren Jahrzehnten benötigt. Für die letzten 20 bis 30 Jahre ist durch die operationellen Niederschlagsmessnetze eine gute räumliche Abdeckung gegeben. Aber die Anzahl von Niederschlagszeitreihen, die für das gesamte 20. Jahrhundert verfügbar sind, ist gering. Ihre Dichte genügt kaum, um die orographisch bedingten mesoskaligen Niederschlagssignale aufzulösen.

In der vorliegenden Studie wird die Rekonstruktion, Validierung, und Analyse eines neuen Datensatzes alpiner Niederschlagsfelder für die Jahre 1901–90 vorgestellt. Der Datensatz besteht aus mesoskaligen monatlichen Niederschlagsfeldern und umfasst den gesamten Alpenraum (3.2–16.2 E, 43.2–48.8 N). Die Niederschlagsrekonstruktion basiert auf einer statistischen Kombination von mesoskaligen Analysen (Gitterweite 25 km, 1000 Gitterpunkte) und einer kleinen Anzahl von langen Niederschlagszeitreihen (140 Stück). Die statistische Kombination beinhaltet eine Hauptkomponentenanalyse zur Datenreduktion und eine anschließende Schätzung der zeitlichen Entwicklung der Hauptkomponenten anhand der langen Niederschlagszeitreihen. Das lineare statistische Modell wird über den Zeitraum der gemeinsamen Verfügbarkeit der beiden Datenkomponenten kalibriert (1971–90). Um eine möglichst hohe Homogenität des Datensatzes zu erreichen, wird eine konstante Anzahl von qualitätsgeprüften und homogenisierten Niederschlagsreihen benutzt. Eine detaillierte Validierung mit unabhängigen Daten bestätigt die gute Qualität der rekonstruierten Niederschlagsfelder für den größten Teil des Alpenbogens. Zwar schwankt die erklärte Varianz für einzelne Gitterpunkte typischerweise zwischen 60–95%, sie erreicht aber für Gebietsmittel über Gebiete von mindestens 100x100 km² Werte von 90–100%.

Bei der anschließenden Analyse der rekonstruierten Niederschlagsfelder werden mehrere statistisch signifikante (P-Wert 10%) Trends festgestellt. Diese beinhalten insbesondere eine Zunahme der Winterniederschläge um 20–30% in 100 Jahren in den westlichen und nordwestlichen Teilen des Alpenbogens und eine Abnahme der Herbstniederschläge um 20–40% südlich des Alpenhauptkamms. Für den Zeitraum 1961–90 werden auch im Frühjahr signifikante Trends gefunden, unter anderem eine Niederschlagszunahme von 30% in 30 Jahren im Tessin und den angrenzenden Gebieten. Eine Analyse der Korrelationen zwischen der Nordatlantischen Oszillation und dem Winterniederschlag im Alpenraum ergab zeitlich stark fluktuierende Korrelationen für die Gebiete nördlich des Alpenhauptkamms, aber ungefähr konstante Korrelationen für die Gebiete südlich des Alpenbogens.

Der neue Datensatz ist von Nutzen für die Evaluation und Verbesserung von Klimamodellen, Kalibrierung und Validierung von statistischen Downscaling-Methoden über längere Zeiträume, und für die Untersuchung lokaler Folgen möglicher Klimaänderungen mittels biophysikalischer Modelle.

LANGFRISTIGE ABNAHME DER GLOBALSTRAHLUNG

Sebastian Trepte, Peter Winkler, Deutschland

Die Klimaänderung ist ein vieldiskutiertes Thema und die Modellprognosen deuten auf eine Erwärmung hin. Eine wichtige Frage ist, ob sich die zu erwartenden Änderungen an der repräsentativen langen Messreihe Hohenpeißenberg bestätigen lassen.

Die an der Station Hohenpeißenberg gemessene Globalstrahlung ist während der letzten 47 Jahre zurückgegangen. Das Phänomen der langfristigen Strahlungsabnahme wird auch an anderen deutschen Stationen wie Hamburg, Norderney, Braunlage, Würzburg und Weihenstephan beobachtet (Liepert und Kukla, 1997). Der Rückgang der normierten Globalstrahlung am Hohen Peißenberg beträgt zwischen 1,7% und 2,7% pro Dekade für Sonnenhöhen größer 10°, abhängig von der Trübung der Atmosphäre und der Wolkenbedeckung.

Im gleichen Zeitraum beobachtet man eine dramatische Zunahme von Cirrusbewölkung (zwischen 7% und 10% pro Dekade) sowie einen signifikanten Anstieg der Lufttemperatur und des Dampfdrucks.

Eine über Mitteleuropa festgestellte Erwärmung der Troposphäre um 0,2 K pro Dekade (Graf et al., 1998) ist mit einer Erhöhung des Wasserdampfgehaltes verbunden. Gleichzeitig wird ein Anstieg der Tropopause und eine Abkühlung der unteren Stratosphäre beobachtet. Diese Veränderungen begünstigen eine häufigere Cirrusbildung. Der stark zugenommene Flugverkehr hat zur verstärkten Cirrusbildung ebenfalls beigetragen, kann aber nur einen Teil der Trends erklären. Die größere Cirrushäufigkeit erklärt einen Teil des beobachteten Rückgangs der Globalstrahlung, der höhere Wasserdampfgehalt trägt ebenso dazu bei.

Die Beiträge zur Abnahme der Globalstrahlung sollen auf folgende Weise quantifiziert werden: Die langfristige Veränderung des Wasserdampfs wird aus der Taupunkttemperatur und der Veränderung der atmosphärischen Gegenstrahlung bestimmt. Mittels einer Varianzanalyse lassen sich die Beiträge der Cirren und des Wasserdampfs zur Abnahme der Globalstrahlung abschätzen. Dabei werden auch jahreszeitliche Unterschiede betrachtet. Der langjährige Verlauf der Gegenstrahlung zeigt einen deutlichen Anstieg der Winterwerte. Dieses geht einher mit der Zunahme der Westwetterlagen im Winter (Bissolli, 1999), wodurch häufiger feuchtere Luft herantransportiert wird. Entsprechend ist die beobachtete Globalstrahlungsabnahme besonders stark während der Herbst- und Wintermonate.

Sonnenstandsabhängige Analysen in Verbindung mit der Cirrusbedeckung lassen auch qualitative Aussagen über die Veränderung der optischen Dicke der Cirren zu.

Die Untersuchungen finden im Rahmen des Forschungsverbundes BayFORUV (Erhöhte UV-Strahlung – Folgen und Maßnahmen) statt, welcher vom Umweltministerium des Freistaates Bayern finanziell gefördert wird.

Bissolli, P. (1999) Kommen Westwetterlagen häufiger vor als früher? Klimastatusbericht 1999, Deutscher Wetterdienst: 42-47.

Graf, H.F., I. Kirchner and J. Perlwitz (1998) Changing lower stratospheric circulation: The role of ozone and greenhouse gases. *J. Geophys. Res.* 103: 11,251-11,261.

Liepert, B.G. and G.J. Kukla (1997) Decline in Global Solar Radiation with Increased Horizontal Visibility in Germany between 1964 and 1990. *J. Climate*, 10: 2391-2401.

VARIABILITÄT VON ZYKLONENBAHNEN ÜBER DEM NORDATLANTIK

S. Ubl, E. Ruprecht, S. Gulev, O. Zolina, Deutschland

Zyklone mit ihren vorherrschenden Zugbahnen beeinflussen entscheidend Wetter und Klima West- und Mitteleuropas. Schon früher ist versucht worden, die Zugbahnen zu klassifizieren z.B. Grosswetterlagen, damals war das Ziel ähnliche Zugbahnen als Vorhersagehilfe zu benutzen. Heute sollen solche Untersuchungen zum Verständnis der Klimavariabilität beitragen und den Einfluss von großräumigen Zirkulationsmoden erklären helfen. Ziel dieser Arbeit ist es, Zyklonenbahnen über dem Nordatlantik zu analysieren und ihre Abhängigkeit von der NAO zu untersuchen. Die Zyklonenbahnen wurden bestimmt aus den 6-stündigen Bodendruckfeldern der NCEP/NCAR Reanalysen (1958-1999), mit Hilfe der von der Moskauer Arbeitsgruppe Sergey Grigoriev, Sergey Gulev und Olga Zolina entwickelten Trackingroutine. Betrachtet werden die Anzahl der Zyklone, ihre Häufigkeit, maximale Intensität, Lebensdauer, Vertiefungsraten, Geschwindigkeit und die Zugrichtung. Über dem Nordatlantik lässt sich in den Jahren von 1958-1999 kein deutlicher Trend in der Anzahl der Zyklone erkennen; es wird jedoch in den letzten Jahren eine Vertiefung der Zyklone über Island deutlich. Die Gesamtzahl der Zyklone über dem Nordatlantik hängt von dem Zustand der NAO ab. Eine Compositeanalyse zeigt, dass für Jahre mit hohem NAO-Index die Zyklonenzahl doppelt so hoch ist wie für Jahre mit niedrigem Index. Das Maximum in der Anzahl der Zyklone liegt in dem Gebiet zwischen der Ostküste Grönlands und der Westküste Islands, mit positiver (negativer) Anomalie in Jahren mit hohem (niedrigem) NAO-Index.

Die Korrelation des NAO-Index mit der Häufigkeit der Zyklone erreicht in diesem Gebiet ihren größten Wert (0.6). Die Zuggeschwindigkeit der Zyklone ist deutlich höher bei positiver NAO als bei der negativen Phase. Bei den Richtungen zeigen nur die Jahre mit hohem Index charakteristische Bahnen von SW nach NE; in den Jahren mit niedrigem Index ist die Richtungsvariabilität sehr viel größer. Die Untersuchung zeigt, dass die Zyklone und ihre vorherrschenden Bahnen über dem Nordatlantik mit dem dominanten Zirkulationsmode in diesem Gebiet, der NAO, gekoppelt sind. Die knapp 50-jährige analysierte Zeitreihe ist jedoch zu kurz, um langzeitige Schwankungen zu erkennen. Um festzustellen, ob die Ergebnisse von Klimamodellen geeignet sind, langperiodische Zusammenhänge zu verstehen, wird die 300-jährige Zeitreihe des Kontrolllaufs des Hamburger gekoppelten Modells ECHAM4/OPYC3 mit den selben Methoden untersucht; einige Vergleiche werden gezeigt.

ANALYSE VON ZEITREIHEN MONATLICHER NIEDERSCHLAGSSUMMEN UND TÄGLICHER WINDGESCHWINDIGKEITSMAXIMA MIT MARKOVKETTEN

S. Trömel, C.-D. Schönwiese, Deutschland

In der Klimatologie sind zeitliche Abhängigkeiten im Verhalten von Klimaelementen von Interesse. Die Interpretation von Zeitreihen monatlicher Niederschlagssummen und täglicher maximaler Windgeschwindigkeiten deutscher Stationen als Realisation eines Markovprozesses bietet in diesem Rahmen eine Möglichkeit wahrscheinlichkeitstheoretische Aussagen bezüglich des mittleren Verhaltens sowie eingetretener Veränderungen während des Beobachtungszeitraums zu treffen.

Somit wurden 81 Reihen von Niederschlagssummen deutscher Stationen zur Erzeugung einer Markovkette verwendet, wobei die Übergangswahrscheinlichkeiten innerhalb des Beobachtungszeitraums von 1891 bis 1995 zeitlich und jahreszeitabhängig variieren. Das Bayesian Information Criterion führt in der jahreszeitabhängigen Ordnungswahl zu einem Informationsbruch zwischen Sommer und Winter und anschließend ansteigenden Ordnungen. Bei Unterscheidung zwischen den Zuständen 1 (trocken), 2 (normal) und 3 (feucht) zeigen sich positive Trends in den Übergangswahrscheinlichkeiten zu feuchten Mai-, Juni- sowie November- und Dezembermonaten. In den Monaten Juli und Oktober zeigen dagegen die Übergangswahrscheinlichkeiten zum trockenen Zustand aufsteigende Tendenz.

Die verwendeten 31 Reihen täglicher maximaler Windgeschwindigkeiten von ausschließlich in Westdeutschland gelegenen Stationen überdecken den Zeitraum vom 1.1.1969 bis zum 31.12.1999. Die mittleren Übergangswahrscheinlichkeiten, nur in einem Fall nicht 2. Ordnung, unterscheiden sich nur sehr wenig von Stationsreihe zu Stationsreihe und zeigen deutliche Persistenz. Die Übergangswahrscheinlichkeiten zu einem sehr böigen Zustand (bei Unterscheidung zwischen wenig böig, normal und sehr böig) bei zwei vorangegangenen sehr böigen Tagen zeigt an 18 von 30 Stationen einen positiven Trend.

LANGZEITKORRELATIONEN IN BEOBACHTUNGEN UND MODELEN

Richard Blender, Klaus Fraedrich, Deutschland

Beobachtete Zeitreihen von täglichen Temperaturen im Zeitraum von bis zu 200 Jahren zeigen im Varianz-Spektrum $S(f)$ über alle Zeitskalen hinweg ein Potenzverhalten mit $S(f)$ proportional zu f^{-b} und einem Wert für b von etwa -0.3 . Dies wurde von Koscielny-Bunde et al. (1998) mit Hilfe der DFA (Detrended Fluctuation Analysis) in den jahresgangbereinigten Anomaliewerten festgestellt. Die Korrelationen weisen demnach keine charakteristische Zeitskala auf und fallen in allen Zeiträumen auf ähnliche Weise ab. Insbesondere lassen sich keine unterschiedlichen Frequenzbereiche von schnell und langsam variierenden Systemkomponenten erkennen. Der NAO-Index (Nord-Atlantische Oszillation) folgt möglicherweise einem ähnlichen Verhalten wie die Temperatur (Stephenson et al. 2000), was jedoch nicht gesichert ist (Wunsch 1999). Im Vortrag werden weitere beobachtete und rekonstruierte Zeitreihen durch die DFA analysiert und die Ergebnisse miteinander verglichen.

Simulationen mit dem dynamischen Atmosphärenmodell PUMA (Portable Model of the Atmosphere) zeigen auf Zeitskalen größer als ein Jahr für den Zonalwind ein quantitativ ähnliches Varianz-Spektrum wie das der beobachteten Temperatur. Das Langzeitgedächtnis entsteht vermutlich durch Anomalien des Zonalwindes die auf der Winterhemisphäre langsam polwärts wandern. PUMA wird durch eine einfache zonalsymmetrische Temperaturverteilung angetrieben (nudging) und ist hier weder an einen Ozean noch an ein Eis- oder Vegetationsmodell gekoppelt. Dieses Ergebnis deutet darauf hin, daß die Dynamik der Atmosphäre zu Korrelationen auf langen Zeitskalen führt und hierzu keiner langsameren Komponenten bedarf. Im Übergangszeitraum von einem Monat bis zu einem Jahr könnte ein $1/f$ -Verhalten des Spektrums vorliegen. Schliesslich werden mehrere theoretische Modelle für Langzeit-Korrelationen diskutiert und mit den Daten verglichen. Darunter fällt das vor kurzem vorgeschlagene Modell für das $1/f$ -Spektrum (Kaulakys und Mevskauskas 1998), das Hinweise auf beteiligte Mechanismen und involvierte Zeitskalen gibt.

DER WASSER- UND ENERGIEHAUSHALT DER ARKTISCHEN ATMOSPHAERE

T. Semmler, D. Jacob, R. Podzun, Deutschland

Die Arktis spielt in der globalen Zirkulation eine entscheidende Rolle. Sie ist aufgrund der sehr geringen Sonneneinstrahlung eine Hauptsenke fuer Energie innerhalb des globalen Klimasystems. Die Dichte meteorologischer Beobachtungsstationen ist gering. Aufgrund der starken Klimasensitivitaet der Arktis ist es wichtig, die derzeitigen Prozesse in der arktischen Atmosphaere und ihre Funktion innerhalb der globalen Zirkulation zu verstehen. Um zu klaeren, ob die grossraeumige Zirkulation einen signifikanten Einfluss auf den Wasser- und Energiehaushalt der arktischen Atmosphaere hat und inwieweit eine moegliche Veraenderung der Zirkulationsregime das Klima der Arktis nachhaltig beeinflussen kann, wird das regionale Klimamodell REMO in einem Gebiet eingesetzt, das die gesamte Arktis, Nordeuropa, Sibirien sowie Teile von Nordamerika umfasst. In umfangreichen Fallstudien ist REMO zunaechst durch Vergleich mit Messergebnissen fuer die Arktis getestet und an die speziellen Anforderungen der Arktis angepasst worden. Anpassungen sind insbesondere im Hinblick auf die in der Arktis wichtigen Parameter Schnee und Eis notwendig gewesen. So ist es ermoeeglicht worden, in jeder Gitterzelle eine prozentuale Eisbedeckung auf Seen und auf dem Ozean zu beruecksichtigen. Dazu sind aus Daten der SMMR- und SSM/I-Satelliten Eiskonzentrationen abgeleitet worden. Ueber Land ist die Parametrisierung der Schneeschmelze modifiziert worden, um ein unrealistisch schnelles Abtauen des Schnees im Fruhjahr und Sommer zu verhindern.

Aus den Ergebnissen einer Zehn-Jahres-Simulation mit REMO werden die Feuchte- und Energiefluesse abgeschaezt, die aus den mittleren Breiten, von der Erdoberflaeche (Land und Meer) sowie vom Oberrand der Atmosphaere in die arktische Atmosphaere noerdlich von 70 N gelangen und umgekehrt aus ihr heraus fliesen. Auf diese Weise wird eine Wasser- und Energiebilanz fuer die arktische Atmosphaere aufgestellt, die in Abhaengigkeit von der Jahreszeit sowie von verschiedenen Zirkulationsregimen wie der Nordatlantischen Oszillation (NAO), der Arktischen Oszillation (AO) und der Zugbahnen von nordatlantischen Tiefdruckgebieten betrachtet wird.

KLIMAVARIABILITÄT UND PHÄNOLOGIE IN MITTELEUROPA

F.-M. Chmielewski, T. Rötzer, Deutschland

Zur Untersuchung des Einflusses rezenter Klimaschwankungen auf die Pflanzenentwicklung in Europa wurden die Beobachtungsdaten der Internationalen Phänologischen Gärten Europas (IPG) im Zeitraum 1969-1998 verwendet. Der Beginn der Vegetationsperiode wurde als mittlerer Termin der Blattentfaltung von vier Baum- und Straucharten (*Betula pubescens*, *Prunus avium*, *Sorbus aucuparia* und *Ribes alpinum*) definiert. Das Ende der Vegetationsperiode wurde dementsprechend aus dem mittleren Blattfall von *Betula pubescens*, *Prunus avium*, *Salix smithiana* und *Ribes alpinum* berechnet. Die Differenz zwischen beiden Terminen definiert die Länge der Vegetationsperiode.

Im langjährigen Mittel beginnt die Vegetationsperiode in Europa am 23.04. und endet am 28.10. Die mittlere Vegetationszeit beträgt somit 188 Tage. Regional sind deutliche Differenzen in Europa erkennbar. So verspätet sich der Beginn der Vegetationsperiode um 3.1 Tage pro 100 m Höhe, um 0.5 Tage pro 100 km von West nach Ost und um 2.3 Tage pro 100 km von Süd nach Nord. Das Ende der Vegetationsperiode dagegen verfrüht sich mit zunehmender Höhe um 1 Tag/100 m, mit zunehmender Länge um 0.2 Tage/100 km und mit zunehmender Breite um 0.1 Tag/100 km.

Die Trendanalysen des Beginns, des Endes und der Länge der Vegetationsperiode ergaben eine signifikante Verlängerung der Vegetationsperiode in 7 von 11 untersuchten Naturräumen. Die Verlängerung der Vegetationsperiode basiert zum Großteil auf einem früheren Beginn der Vegetationsperiode, weniger auf einer Verspätung des Vegetationsendes.

Die im Zeitraum der letzten 30 Jahre nahezu europaweit beobachtete Erwärmung im zeitigen Frühjahr (Februar bis April) führte zu einem deutlich früheren Vegetationsbeginn und damit zu einer Verlängerung der Vegetationszeit um insgesamt 10.5 Tagen. Ursache für die beobachtete Erwärmung ist die Veränderung der Zirkulation im zeitigen Frühjahr über Europa, mit zunehmend positiven Phasen der Nordatlantischen Oszillation (NAO). Insbesondere seit dem Ende der 80er Jahre sind deutliche Änderungen in der NAO zu beobachten, die letztendlich zu einem Anstieg der mittleren Lufttemperatur von Februar bis April und damit zu einer Verfrüfung des Vegetationsbeginns um 8 Tage geführt haben. Zwischen 1989 und 1998 wurde in Europa in 8 von 10 Jahren ein vorzeitiger Vegetationsbeginn beobachtet.

Im Mittel der Jahre 1969 bis 1998 ergibt sich bei einer Erwärmung im Zeitraum Februar bis April von 1°C eine Verfrüfung der Vegetationsbeginns von 6.7 Tagen. Die Dauer der Vegetationsperiode verlängert sich in Europa um 5 Tage bei einem Anstieg der Jahresmitteltemperatur um 1°C.

REKONSTRUKTIONSMÖGLICHKEITEN DES NORDATLANTISCHEN OSZILLATION INDEXES ANHAND VON PROXY-DATEN

Oliver Timm, Deutschland

Der Großteil instrumenteller Beobachtungen klimarelevanter Größen wie z.B. Temperatur und Niederschlag reicht ca. 150 Jahre zurück. Mit den instrumentellen Daten kann daher nur ein schmaler Bereich aus dem Spektrum der Klimavariabilität von Jahresschwankungen bis hin zu interdekadischen Schwankungen erfasst werden. Proxy-Daten wie Baumringe, Korallen oder Eiskerne stellen ein natürliches Klimaarchiv dar, das über den instrumentellen Zeitraum hinausreicht und dazu beitragen kann, die interdekadischen und längeren Zeitskalen zu analysieren. Im Bereich des Nordatlantiks sind diese Zeitskalen im Zusammenhang mit der Nordatlantischen Oszillation (NAO) von Interesse. Die NAO ist das dominierende Muster der winterlichen Klimavariabilität über dem Nordatlantik. Ihr Einfluss erstreckt sich bis nach Europa hinein und bestimmt dort großräumig Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse. Die zeitlichen Variationen der NAO lassen sich durch den NAO-Index (NAOI) bis 1821 wiedergeben (Jones et al., 1997). Spektralanalysen dieses Indexes heben sowohl interannuale sowie quasidekadische Zeitskalen hervor. Unklar ist das Verhalten auf den langen interdekadischen Zeitskalen (60-70 Jahre) aufgrund der Kürze der Zeitreihe. Die zeitliche Ausdehnung des NAOI in die Vergangenheit anhand von Proxy-Daten stellt einen Weg dar, die interdekadischen Schwankungen der NAO weiter zurückzuverfolgen. Proxy-Daten aus Baumringen und Eiskernen sind in verschiedenen Rekonstruktionen des NAOI eingesetzt worden, ohne jedoch ein einheitliches Bild der NAO zu liefern zu können (Schmutz et al., 2000).

Ziel dieser Studie ist es, auf Basis grönländischer Eiskerne und Korallen aus der Karibik eine Rekonstruktion des NAOI durchzuführen. Im Mittelpunkt steht zum einen die Bestimmung des Rekonstruktionspotentials grönländischer Eiskerne und zum anderen die Optimierung der NAOI-Rekonstruktion. Zuerst wird der Einfluss der NAO auf Temperatur und Feuchtetransporte in der Grönlandregion anhand von Korrelationsanalysen bestimmt. Die Korrelationsfelder zeigen, dass man von einem gemeinsamen NAO-Signal in den Eiskernen ausgehen kann. Insbesondere Eiskerne aus Westgrönland sollten danach für die Rekonstruktion geeignet sein. Einzelne Proxy-Zeitreihen der Eiskerne (Isotopenkonzentrationen und Akkumulationsraten) sind jedoch mit dem NAOI im Allgemeinen nicht signifikant korreliert. Daher ist die Hervorhebung des NAO-Signals wesentliche Aufgabe für die Rekonstruktion. Hierzu werden EOF-Analysen und Spektralanalysen eingesetzt, um eine optimale Proxy-Auswahl zu bestimmen. Dabei wird der Einfluss der gewählten zugrunde liegenden Zeiträume und der Proxy-Basis auf die Ergebnisse verdeutlicht. Zur Rekonstruktion des NAOI werden verschiedene Methoden der multiliniaren Regression zum Einsatz kommen, um methodisch bedingte Abweichungen untereinander zu vergleichen.

VEGETATIONS- UND KLIMAENTWICKLUNG DES HOLOZÄN IM NAHEN OSTEN ANHAND LAMINierter SEDIMENTE DES TOTEN MEERES

Christian Schölzel, Deutschland

Das Tote Meer bietet durch seine jährlich geschichteten Sedimente und die Lage inmitten klimatisch sensibler Florenprovinzen eine ideale Plattform, die Vegetations- und Klimaschwankungen des Holozän im Nahen Osten zu rekonstruieren. Dem GFZ Potsdam liegen hochwertige Bohrkern aus der Region vor, die mit einer Tiefe von 21m voraussichtlich die letzten 9.000 bis 10.000 Jahre umfassen. Für diese Kerne stehen zeitlich hochaufgelöste warvenchronologische und palynologische Untersuchungen an, welche über den jährlichen Pollenniederschlag Rückschlüsse auf den zeitlichen Verlauf der Vegetationsdichte erlauben. Ein Rezentvergleich ermöglicht die Rekonstruktion der örtlich und zeitlich variablen Vegetationszustände mittels eines vereinfachten Biome-Modells und gibt Aufschluss über die historische Lage der drei angrenzenden Florenprovinzen im Umfeld des Toten Meeres: die Nordarabische, die Nordsyrische und die Palästinensisch/Libanesisch-Florenprovinz.

Zur Klimarekonstruktion dient im ersten Schritt ein Pyknoklinen-Deckschicht-Grenzschicht-Modell (PODEG), welches die physikalischen und chemischen Prozesse in der Deckschicht des Sees modelliert. Das Modell wird mittels des zeitlichen Verlaufs der Temperatur- und Niederschlagsanomalien der CRU 0,5 Degree 1901-1995 Monthly Climate Time-Series und der Schichtdicke der Evaporit- und Detritus-Lagen der lakustrinen Sequenzen über den Rezentbereich angepasst, sodass das invertierte Modell, auf das restliche Kernmaterial angewandt, Rückschluss auf die Temperatur- und Niederschlagsanomalien des Holozän im nächstlichen Raum erlaubt.

In einem weiteren Schritt werden mithilfe der CRU 0,5 Degree 1961-1995 Mean Monthly Climatology die in den zuvor genannten Biomen vorherrschenden atmosphärischen Einflussgrößen in Form von Rekonstruktions-Transferfunktionen klassifiziert. Die daraus abgeleiteten Biom-Transferfunktionen ermöglichen aus der rekonstruierten Lage der Florenprovinzen wiederum Rückschlüsse auf die beeinflussenden Klimaparameter im Holozän.

DIE KLIMAVARIABILITÄT IM OSTALPENRAUM IN DER INSTRUMENTELLEN PERIODE 1767-2000

Ingeborg Auer, Reinhard Böhm, Wolfgang Schöner, Österreich

Es werden Ergebnisse des fertiggestellten Projekts ALOCLIM (Austrian and Central European Long-term Climate) anhand homogenisierter instrumenteller Zeitreihen von neun verschiedenen Klimaelementen (mittlerer Luftdruck, mittlere Lufttemperatur, mittlere tägliche maximale und minimale Lufttemperatur, Niederschlagssumme, Sonnenscheindauer, Bewölkung, relative Luftfeuchtigkeit und Dampfdruck) gezeigt. Die ältesten Reihen von Luftdruck und mittlerer Lufttemperatur beginnen Ende des 18. Jahrhunderts, Niederschlagssumme und mittlere tägliche Extreme der Lufttemperatur in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts, Sonne, Bewölkung und Luftfeuchtigkeitsparameter in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts.

Alle Zeitreihen existieren in monatlicher Auflösung, die Ergebnisse werden in Hinblick auf Sommer (April bis September), Winter (Oktober bis März) und Jahr (Jänner bis Dezember) in Form von regionalen Mitteln (West, Ost, Nord und Süd) bzw. vertikalen Mitteln (Hoch- und Tiefland) ausgewertet. Lediglich für den Niederschlag war aufgrund der hohen Unsicherheit der Niederschlagsmessung im Hochgebirge die Homogenisierung der Niederschlagszeitreihen nicht möglich.

Präsentiert werden nicht nur die ausgewählten Ergebnisse von Einzelelementen, sondern auch Kombinationen verschiedener Elemente. (multiple Klimareihen). Korrelationsanalysen geben die grundlegende Information über Interaktionen im Klimasystem. z.B.: Hoch positiv korreliert zeigen sich Luftdruck und Sonnenscheindauer in den Bergen, sowohl im Sommer als auch im Winter, negativ korreliert ist der Luftdruck zu Niederschlag, Bewölkung und relative Luftfeuchtigkeit. Für die Seehöhen unter 1500 m erreicht die Korrelation 0.8 zwischen mittlerer täglicher Temperaturschwankung und Sonnenscheindauer, bzw. -0.8 bei der Bewölkung. Im Gebirge ist der Zusammenhang geringer.

Der multiple ALOCLIM Datensatz ermöglicht auch das Studium über das Verhalten anderer Klimaelemente bei sich ändernder Lufttemperatur, wobei einzelne ALOCLIM Zeitreihen auch einen Blick in die vorindustrielle Zeit gestatten.

Alle ostalpinen Subregionen zeigen ein einheitliches Verhalten bezüglich Lufttemperatur, bei den Maximal- und Minimaltemperaturen lässt sich kein asymmetrischer Anstieg finden. Luftdruck und Sonnenscheinstunden haben im Gebirge stärker zugenommen als im Tiefland. Die Niederschlagssummen des 20. Jahrhunderts zeigen regional unterschiedliche Tendenzen: Zunahme des Winterniederschlages im Westen und Norden, Abnahme im Sommer und Winter in den kontinentaleren Gebieten Österreichs. Große Ähnlichkeit zeigt sich zwischen Lufttemperatur und Dampfdruckkurven, die relative Luftfeuchte im Tiefland hat beträchtlich in den kontinental geprägten Gebieten abgenommen, hingegen zeigt sich kein Trend bei diesem Element im Hochgebirge und im mehr atlantisch beeinflussten Westen Österreichs.

ERGEBNISSE DES REGIONALEN ATMOSPHÄREN MODELLS REMO ÜBER DER ARKTIS UND DEM NORDATLANTIK

Hauke Berndt, Karl Bumke, Deutschland

Im Rahmen des Sonderforschungsbereiches 460 "Dynamik Thermohaliner Zirkulationsschwankungen" wird auch die atmosphärische Klimakomponente näher untersucht. Der Fokus liegt dabei auf den Wechselwirkungen zwischen Atmosphäre, Kryosphäre und Ozean und dem Einfluss auf die Bildung von Tiefenwasser durch Konvektion im freien Ozean. Mittelfristig soll ein vollständig gekoppeltes regionales Modellsystem entwickelt werden, um die Prozesse und Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Subsystemen konsistent zu beschreiben.

Angesichts der geringen Datendichte in der Arktis und den angrenzenden subpolaren Gebieten des Nordatlantiks ist es sinnvoll das vorhandene Datenmaterial mit numerischen Modellen zu interpretieren. Bislang erfassen meist nur globale Modelle mit entsprechend geringer Auflösung diese Region. Die Ergebnisse grosser Reanalyseprojekte wie z.B. die ERA40 des Europäischen Zentrums für Mittelfrist Vorhersagen (EZMW) liegen noch nicht vor. Deshalb wird die Atmosphäre mit Hilfe des mesoskaligen Klimamodells REMO näher untersucht. Die horizontale Auflösung ist in REMO mit $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ deutlich höher, so dass mesoskalige Phänomene besser aufgelöst werden können.

REMO basiert auf dem bis vor kurzem im operationellen Dienst eingesetzten Vorhersagesystems Europa-/Deutschlandmodell des Deutschen Wetterdienstes (DWD). Es werden die am MPI für Meteorologie in Hamburg (MPIfM) entwickelten physikalischen Parametrisierungen des globalen Klimamodells ECHAM4 verwendet. Als "genestetes" Modell benötigt REMO über den gesamten Modelllauf Randdaten, an die es in jedem Modellschritt in einem Relaxationsbereich herangezogen wird. Für den Antrieb werden die Ergebnisse des NCEP/NCAR Reanalyse-Projekts verwendet. Je nach Konfiguration kann REMO in einem Vorhersage- oder einem Klimamode betrieben werden.

Die Ergebnisse unterschiedlicher Modellläufe mehrerer Jahre werden näher untersucht. Dabei werden insbesondere die wichtigen atmosphärischen Parameter am Boden gezeigt und mit Beobachtungen verglichen. Eine ausführliche Interpretation der Ergebnisse wird präsentiert.

KLIMASENSITIVITAET UND -VARIABILITAET DURCH SELBSTINDUZIERTE PHASENMODULATION DES JAHRESGANGES DER GLOBALEN ZIRKULATION

Peter Carl, Deutschland

Konzepte der nichtlinearen Systemtheorie wie Multiple Zustände, Stochastische Resonanz, Hopf-Bifurkationen oder Quasiperiodizität haben paradigmatische Relevanz erlangt in verschiedenen Bereichen der Klimatologie (z.B. Blockierungs-Phänomene, Thermohaline Zirkulation, ENSO Zyklus). Hysteresiserscheinungen spielen in der Diskussion um die relative Rolle von Anfangs- und Randbedingungen bei der Klimaentwicklung eine Rolle. Als Archetyp fuer ein variables und sensitives Klimasystem wird gern der Lorenz-Attraktor herangezogen. Lorenz selbst brachte das Wechselspiel zwischen "Intransitivität" und "Chaos" innerhalb des Jahreszyklus` als Konzept fuer die Genesis interannueller Variabilität ins Spiel und stellte damit wohl als erster, wenn auch implizit, herkömmliche Vorstellungen von der geometrischen Struktur des Objekts "Jahresgang" der Allgemeinen Zirkulation, naemlich die eines dynamisch stabilen Grenzyklus`, in Frage. Gegenstand dieses Beitrages ist das Zusammenspiel des zyklischen Antriebs mit einer toroidalen Attraktormenge im borealen Sommer, die dieses Segment des Jahresganges (d.h. die auf ihm ausgepraegte intrasaisonale Dynamik) zur Quelle beträchtlicher Variabilität im gesamten Frequenzspektrum oberhalb des Jahresganges macht. Chaotische Dynamik im Winter wird nicht benoetigt, da das Tempo der Veraenderung der Randbedingungen beim Saisonwechsel jeweils die Responsezeiten des Systems klar unterlaeuft.

Schlüssel zum Verstaendnis dieses Konzepts, das durch systemanalytische Studien an einem grob auflösenden AGCM gefunden wurde, sind eine subkritische Hopf-Bifurkation im Fruhsommer (direkt in ein chaotisches Juli-Regime), ein rueckwaerts durchlaufenes Periodenmultiplikations-Szenarium waehrend der Saison, und insbesondere die Rueckzugsdynamik des borealen Sommermonsuns aus dem (intrasaisonal) oszillatorischen Regime. Sie laesst sich grob einordnen in drei Typen der Herbstzirkulation mit qualitativ unterschiedlichen Rueckzugspfaden und voneinander separierbaren Zeitskalen. Ein zyklisch angetriebenes System mit dieser dynamischen 'Architektur' fuehrt zu systematischer Phasenmodulation, hier also zu einem "atmenden" Jahresgang - was nichts anderes bedeutet als interannuelle Variabilität. Insbesondere sind sowohl die biennale als auch ENSO-Zeitskalen klar ausgepraegt. Strukturparameter in diesem System ist die "Rotationszahl", d.h. die Anzahl intrasaisonaler Oszillationen pro Saison. Sie ist im Normalfall nicht ganzzahlig, was eine naeherungsweise alljaehrliche "Wiederkehr" zur (resonanten) Ausnahme macht. Leichte Verschiebungen in der Lage der Bifurkationen innerhalb des Jahresganges, wie sie durch veraenderte Randbedingungen entstehen, machen diesen sensiblen "Empfaenger" zu einem "Transmitter" mit stark nichtlinearer Charakteristik. Dies wird demonstriert anhand von Spektrogrammen des Modelloutputs unter unterschiedlichen, aber konstanten, sowie bei variablen Randbedingungen. Die Response der Modenstruktur des Modells auf Veraenderungen im Antrieb korrespondiert mit Elementarwissen aus Signaltheorie wie nichtlinearer Dynamik und verweist auf einen noch unterbelichteten Ansatz zur Trennung von Klimasignalen.

**DENDROKLIMATOLOGISCHE ANALYSE ZWEIER JAHRRINGBREITENREIHEN
AUS DEM GEBIET SÜDBRANDENBURG/NORDSACHSEN
FÜR DAS 11. BIS 20. JAHRHUNDERT**
Susanne Haeseler, Deutschland

Das Baumwachstum, insbesondere das Jahrringbreitenwachstum, wird durch eine Vielzahl von Einflußfaktoren bestimmt, die in biotische und abiotische sowie in aus dem Luftraum und aus dem Boden wirkende aufgeteilt werden können und die wiederum untereinander in Beziehung stehen können. Desweiteren spielen auch bauminterne Größen, d.h. Erbanlagen, eine Rolle.

Ziel der dendroklimatologischen Analyse ist es, für einen Anpassungszeitraum eine Beziehung zwischen den Jahrringbreiten und dem Klima zu finden und anhand dieser des Klima vergangener Zeiten zu rekonstruieren. Als Einflußgrößen werden hier nur Temperatur- und Niederschlagswerte verwendet, und zwar Mitteltemperaturen, Minimumtemperatursummen, Maximumtemperatursummen, Niederschlagssummen und Regenfaktoren für bestimmte Perioden sowie ihre quadratischen Terme und Mischterme. Die Jahrringbreitenwerte stehen in Form zweier Chronologien (Eiche, Kiefer) des Deutschen Archäologischen Institutes (Berlin) zur Verfügung. Aus diesen werden als weitere Baumringreihen eine Differenzreihe, eine Quotientenreihe, eine Residuumsreihe und die 1. PC-Reihe einer Hauptachsentransformation konstruiert.

Für die Analyse wird vorausgesetzt, daß sich der Zusammenhang zwischen Baumringwerten und Klimawerten in Form einer Regressionsgleichung darstellen läßt, mit einem Baumringwert als Zielgröße und den Klimawerten als Einflußgrößen. In dem angewandten Verfahren werden zunächst sukzessive Korrelationen zwischen Zielgröße und Einflußgrößen durchgeführt, um signifikante Einflußgrößen zu selektieren, wobei als Grenze des Signifikanzniveau 90% gewählt wird. Aus einer anschließenden multiplen linearen Regression ergibt sich eine Regressionsgleichung, deren erklärte Varianz entscheidet, ob die Untersuchung mit erhöhtem Signifikanzniveau wiederholt wird.

Mittels der auf diese Weise ausgewählten „besten“ Regressionsgleichungen können aus den Baumringdaten einzelne Klimawerte berechnet werden. Dabei ergeben sich meist mehrere Lösungen für einen Klimawert, deren „richtigste“ durch ein spezielles Auswahlverfahren bestimmt wird. Zur Verifizierung kann die sich ergebende Klimarekonstruktion nun mit anderen historischen Informationen verglichen werden.

EIN MÖGLICHER EINFLUSSMECHANISMUS AUF DIE INTERANNUELLE VARIABILITÄT DER NORDATLANTIK OSZILLATION IM WINTER

Alice Kapala, Hermann Mächel, Deutschland

Auf der Basis statistischer Zusammenhänge zwischen der Variabilität der Nordatlantik Oszillation (NAO) und den verschiedenen meteorologischen Parametern, die die zonal-vertikale Struktur der Troposphäre und der unteren Stratosphäre charakterisieren, wird ein konzeptionelles Modell eines denkbaren Mechanismus präsentiert, der die Intensität der NAO im Winter steuert, bzw. eine positive NAO-Phase einleiten kann. Ein wesentlicher Bestandteil dieses Mechanismus scheint die Erwärmung der unteren tropischen Stratosphäre (z.B. durch Vulkanaerosole) zu sein, die zur Erhöhung des thermischen Gradienten in der unteren Stratosphäre/oberen Troposphäre zwischen den Tropen und der Polarregion führt. Dies hat weitreichende dynamische Konsequenzen. Der erhöhte Temperaturkontrast zwischen Äquator und Pol liefert eine zusätzliche Energie für eine Verstärkung und eine Intrusion des Polarnacht-Jets in die Troposphäre in der Zone 50°N-60°N. Die intensivere mitteltroposphärische Strömung in diesem Gebiet behindert hier die Ausbreitung der troposphärischen planetaren Wellen in die Stratosphäre. Die Wellen propagieren dann bevorzugt in den mittleren Breiten (35°N-45°N), wobei sie in der oberen Troposphäre - äquatorwärts abgelenkt - die zonale Strömung abbremsen und zur Kontraktion des troposphärischen Subtropen-Jets führen. Die Erwärmung der unteren Stratosphäre und Abkühlung der Troposphäre in den Tropen erhöht dort die statische Stabilität der Atmosphäre, die sich in einer geringeren Intensität des aufsteigenden Astes der Hadley-Zelle äußert. Der absteigende Ast ist dagegen - offenbar aufgrund der verstärkten südhemisphärischen Zirkulation - intensiver und polwärts verschoben. In Bodennähe führt dies zur Verstärkung und Verschiebung des Azorenhochs nach Norden und konsequenterweise auch des Islandtiefs. Der hier vorgestellte Mechanismus scheint zumindest für das Auftreten von extremen NAO-Phasen in den letzten zwei Dekaden verantwortlich gewesen zu sein. Diese Untersuchung zeigt ferner, daß die angedeuteten Zusammenhänge sehr komplex sind und, daß es notwendig ist die Analysen auf die Tropen und gegebenenfalls auf die Südhemisphäre auszudehnen, wenn man versucht die Quellen der Zirkulationsvariabilität in den Extratropen der Nordhemisphäre aufzudecken.

ERGEBNISSE DER HOMOGENISIERUNG ÖSTERREICHISCHER KLIMAZEITREIHEN

Wolfgang Schöner, Ingeborg Auer, Reinhard Böhm, Österreich

Klimazeitreihen sind eine wesentliche Grundlage sowohl für die Untersuchung von Klimaschwankungen als auch für die Kalibrierung von Klimamodellen. Auf Grund des nur sehr schwachen zeitlichen Trends einzelner Klimaelemente im niederfrequenten Bereich, kommt der Datenqualität ein sehr hoher Stellenwert zu (Inhomogenitäten wie zB. Änderungen der Instrumentierung oder Stationsverlegungen können den gesamten Trend bestimmen). Im Rahmen des Projektes ALOCLIM wurde ein umfangreicher Datensatz homogener Klimadaten auf Monatswertebasis erarbeitet. Die längsten Reihen liegen für die Lufttemperatur und den Luftdruck vor und reichen bis ins 18te Jahrhundert zurück. Eine wesentliche Stärke des ALOCLIM Datensatzes ist die Vielzahl der bearbeiteten Klimaelemente, die nicht nur Neuland auf dem Gebiet der Homogenisierung bedeutet sondern auch wesentliche neue Ergebnisse für die alpine Klimaforschung liefert. Im Rahmen dieses Beitrages sollen die Erfahrung und gewonnenen Erkenntnisse der Homogenisierung vorgestellt werden.

In der Praxis der Homogenisierung muss eine sinnvolle Kombination aus mathematischem Werkzeug, effektiver Software und Metadaten-Information gefunden werden. Besonders auf den Stellenwert der Metadaten sei hier hingewiesen, da damit Erklärungen für systematische Fehler in Klimazeitreihen gegeben werden können. Als Beispiel sei hier das Mittel der Lufttemperatur angeführt, das für das gesamte österreichische Messnetz systematische Inhomogenitäten aufweist die zB. durch Änderung der Beobachtungszeit (1970/71) oder durch Verlegung der Stationen von Stadtzentrumslage in Stadtrandlage (Zeit um den 2ten Weltkrieg) entstanden. In weiterer Folge lassen sich mit diesen Informationen systematische Fehler bestehender Datensätze (zB. CRU-Temperaturdatensatz) begründen und deren Aussagekraft („regional nicht zuverlässig“) einschätzen. Auch bei der Luftdruckmessung konnte im österreichischen Messnetz eine systematische Inhomogenität – nämlich eine kontinuierliche Verminderung der Barometerhöhe seit Beginn der Messungen – aus den Metadaten abgeleitet werden.

Als wesentliche Erkenntnisse des Projektes ALOCLIM können für die Homogenisierung von Klimazeitreihen festgehalten werden:

- Keine Klimazeitreihe kann als ad-hoc homogen bezeichnet werden
- Relative Homogenitätstest sind absoluten vorzuziehen
- Die derzeit zur Verfügung stehenden Softwareprodukte sind ausreichend
- Die statistischen Voraussetzungen der verwendeten Homogenitätstest sind zu beachten (zB. verlangen viele Tests normalverteilte Daten)
- Trendinhomogenitäten sind meist eine zeitlich enge Abfolge mehrerer Sprünge
- Besondere Vorsicht ist bei der Homogenisierung von bereits bearbeiteten Klimazeitreihen geboten (siehe statistische Voraussetzungen)
- Die Ergänzung fehlender Werte sollte nach der Homogenisierung erfolgen
- Die Homogenisierung mehrerer Klimaelemente ermöglicht in manchen Fällen eine unabhängige Überprüfung der Ergebnisse (zB. Summe aus relativer Sonnenscheindauer und Bewölkung).

DIE 3-DIMENSIONALE ATMOSPHAERISCHE DREHIMPULSBILANZ IM SST-GETRIEBENEN ECHAM3-T21 GLOBALEN ZIRKULATIONSMODELL (GCM)

Jochen Stuck, Deutschland

Die Rotationsparameter der Erde (Rotation der Erde und Polbewegung) unterliegen neben gezeiteninduzierten Schwankungen vielen Variationen auf einem breiten Spektrum von Frequenzbereichen. Fuer diese Variationen sind wegen der Impulserhaltung ausschliesslich Variabilitaeten der Subsysteme, wie z.B. die Ozeane, die Hydrosphaere oder die Atmosphaere verantwortlich. Die Rotationsparameter koennen daher als Indikatoren fuer periodische Prozesse in diesen Systemen genutzt werden.

In den Periodenbereichen von einigen Tagen (intrasaisonal) bis hin zu mehreren Jahren (interannuell) ist die Atmosphaere der wesentliche Antreiber der Erdrotationsschwankungen. Bei der Polbewegung hingegen kommt der Wechselwirkung zwischen Ozean und Atmosphaere eine wichtige Rolle zu (Chandlerwobble). Daher ist eine Analyse der vollstaendigen atmosphaerischen Drehimpulsbilanz erstellt worden. Als Datengrundlage dienen Klimasimulationen des ECHAM3-T21 globalen Zirkulationsmodell, das mit beobachteten Meeresoberflaechentemperaturen und der Eisbedeckung (GISST) fuer den Zeitraum von 1950 bis 1994 angetrieben wurde. Es existieren fuef Simulationslaeufer mit diesem Antrieb, die sich nur durch ihre Initialzustaeude unterscheiden. Der simulierte Drehimpuls der axialen Komponente ist mit der beobachteten Tageslaengenaenderung (inverses Mass der Rotationsgeschwindigkeit der Erde) korreliert.

Eine Spektralanalyse mit Hilfe der Wavelet-Transformation zeigt besonders fuer diese axiale Komponente auf der interannuellen Zeitskala eine starke Variabilitaet an, die signifikant koharent ist mit der Tageslaengenaenderung. Aber auch die aequatorialen Komponenten besitzen einige Frequenzbereiche mit hoher Variabilitaet.

Ein "globaler Blick" im Zeit und Gitterpunktraum soll mit Empirischen Orthogonalfunktionen (EOF) und der Kanonischen Korrelationsanalyse (CCA) die typischen Muster der Variabilitaet und die Zusammenh"ange zwischen den einzelnen Beitragskomponenten (Drehimpulse und -momente) aufzeigen. Zudem belegt sowohl eine spektrale, als auch eine raeumliche Varianzanalyse, unter Verwendung der Modellensemble, die Bedeutung des SST-Antriebes, insbesondere auf der interannuellen Zeitskala (ENSO).

Die Ergebnisse werden schliesslich mit der NCEP/NCAR Reanalyse validiert.

RADIATIVE FORCING - EIN VERLÄBLICHER PARAMETER ZUR KLIMAVORHERSAGE ?

Michael Ponater, Deutschland

Für die globale Klimavorhersage hat der Strahlungsantrieb (radiative forcing) einer auf das Klimasystem einwirkenden Störung fundamentale Bedeutung, speziell um die Bedeutung verschiedener sich überlagernder Störungen zu vergleichen.

In letzter Zeit sind Zweifel aufgetaucht, ob das radiative forcing tatsächlich ein im quantitativen Sinne zuverlässiger Klimaprädiktor ist. Für bestimmte Störungen scheint die Klimasensitivität nicht konstant zu sein: Der globale Response hängt nicht allein von der Größe des Strahlungsantriebes ab, sondern auch von der horizontalen, vertikalen oder zeitlichen Struktur dieser Störung.

Es werden Klimasensitivitätsexperimente mit einem typischen 3D Klimamodell (ECHAM4) vorgestellt und diskutiert, die eine Bewertung der Möglichkeiten und Grenzen des "radiative forcing - Konzeptes" erlauben. Die Grenzen zeigen sich am deutlichsten bei der Anwendung des Konzeptes auf Störungen der Ozonkonzentration in der Stratosphäre.

EIN ZUGANG ZUR LANGFRISTVORHERSAGE MITTELS NUTZUNG VON ENSEMBLES UNTERSCHIEDLICHER PROJEKTIONEN DES PHASENRAUMES?

Wolfgang Böhme, Wolfgang Enke, Annette Witt, Deutschland

In der nichtlinearen Zeitreihenanalyse haben sich Methoden etabliert, die das wesentliche Verhalten eines nichtlinearen Systems aus einer genügend langen Zeitreihe rekonstruieren. In dieser Arbeit wird geprüft, inwiefern diese Ansätze zu Gewinnung von diagnostischen und prognostischen Aussagen zum Verhalten der Atmosphäre im Scale von Monaten und Jahreszeiten nutzbar sind. Die Untersuchungen werden (als Beispiel) zunächst an Zeitreihen von Gebietsmitteln der Abweichungen der Monatsmitteltemperaturen und der Monatsniederschlagssummen vom langjährigen Mittel des jahreszeitlichen Ganges vorgenommen. Für die atmosphärischen Größen werden dabei Quantilklassen verwendet, also Klassen, die in der langjährigen Reihe gleichhäufig belegt sind. Zunächst wurde mit Sextilen gearbeitet.

Die angewandte Methode basiert auf multiplen Einbettungen der Zeitreihe im Phasenraum: Für jeden Zeitpunkt der Zeitreihe wird ein großes Ensemble von unterschiedlichen Projektionen des vom atmosphärischen Zustand durchlaufenen hochdimensionalen Phasen- oder Zustandsraumes auf niedrigerdimensionale Zustandsräume betrachtet und nach analogen Zustandsfolgen gesucht. Konkret werden in den erwähnten Beispielen 135 Projektionen auf jeweils unterschiedliche 5-dimensionale Zustands-Unterräume verwendet. Die 5 Zustandskoordinaten sind dabei jeweils Daten der verwendeten Zeitreihe zu bestimmten (aber von Projektion zu Projektion unterschiedlichen) Zeitpunkten aus einem vorangehendem längeren Zeitraum, der in den Beispielen zunächst 27 Monate umfasst. Bei einem perfekten Gleichlauf über diesen Zeitraum würde das damit gegebene Analogiejahr bei jeder der 135 Projektionen auftreten. Die beobachtete Häufigkeit des Auftretens eines Analogiejahres im Ensemble kann damit als Maß des Perfektionsgrades des Anlogs genutzt werden.

Die Zuverlässigkeit von Aussagen bzw. Vorhersagen und ihre Grenzen werden durch Vergleich u.a. mit den Ergebnissen von Persistenzprognosen sowie durch Anwendung der vorgestellten Methodik auf randomisierte Ersatzdaten (d.h. auf die nach Zufallszahlen umgeordneten Zeitreihen) eingeschätzt. Weiterhin werden Einflüsse der Beobachtungslänge und langskaliger Fluktuationen diskutiert, indem künstlich produzierte Daten untersucht werden. Dafür wird ein von B.R.Brian und R.T.Pierrehumbert eingeführtes Modell genutzt, das einen 28-dimensionalen Phasenraum hat.

DER STATISTISCHE NACHWEIS VON VERÄNDERUNGEN IN EXTREMEREIGNISSEN – WO SIND DIE GRENZEN?

Christoph Frei, Schweiz

Die Frage über Veränderungen in der Häufigkeit von Extremereignissen motiviert neue Diagnosen von Klimamessreihen und Klimamodell Simulationen im Bezug auf seltene Wetterereignisse (Stürme, Starkniederschläge, Hitzewellen, Dürren, usw.). Ziel solcher Diagnosen ist es, Langzeittrends/Veränderungen aus den Beobachtungsreihen/Modellsimulationen zu schätzen und die Signifikanz der Ergebnisse mit einem statistischen Test zu beurteilen. Als Folge des kleinen Stichprobenumfangs unterliegen die Schätzungen für Extremereignisse (im Vergleich zu mittleren Klimagrößen) einer grossen Unsicherheit. Eine allfällige Veränderung (Signal) kann nur ungenau von stochastischen Variationen (Noise) unterschieden werden, und dem Nachweis durch den statistischen Test sind Grenzen gesetzt. Quantitative Angaben über die Grenzen der Nachweisbarkeit sind damit zentral für die Planung und Interpretation von Datenanalysen über Extremereignisse.

In diesem Beitrag werden die Grenzen der Nachweisbarkeit von Veränderungen in Extremereignissen theoretisch quantifiziert. Dazu wird die Nachweiswahrscheinlichkeit berechnet und als Funktion der Grösse der Veränderung (Signal), dem Umfang der verfügbaren Datenreihen und der Seltenheit der betrachteten Ereignisse dargestellt. Die Berechnungen erfolgen durch Simulation von künstlichen Klimareihen mit einer vorgegebenen Veränderung. Verschiedene, zur Analyse von Beobachtungsreihen und Modellsimulationen verwendete Diagnoseverfahren werden untersucht, darunter die logistische Regression und die Extremwertanalyse.

Die Resultate zeigen dass die Nachweisbarkeit von Trends/Veränderungen für seltene Ereignisse massiv eingeschränkt ist: Im Falle Trendanalyse mit der logistischen Regression kann ein Trend in der Häufigkeit von Ereignissen mit einer mittleren Wiederkehrperiode von 1 Jahr nur mit einer Wahrscheinlichkeit von 60% (und mehr) nachgewiesen werden, falls sich die Ereignishäufigkeit um einen Faktor 2 über 100 Jahre verändert hat. Für noch seltenere Ereignisse, oder kürzere Beobachtungsperioden ist die Nachweisbarkeit noch stärker eingeschränkt. Für Diagnosen von Trends/Veränderungen in Extremereignissen haben die Resultate einerseits praktische Implikationen (milde Ereignisstärke, lange Datensätze), und andererseits mahnen sie zur Zurückhaltung bei der Interpretation von nichtsignifikanten Testresultaten.

MAßZAHLEN ZUR BEWERTUNG VON KLIMAÄNDERUNGEN

Robert Sausen, Deutschland

Die derzeit besten Werkzeuge zum Studium anthropogener Klimaänderungen sind komplexe dreidimensionale Modelle des Atmosphäre-Ozean-Systems inklusive Chemie, Biosphäre und Landoberflächenprozessen. Da die Resultate solcher komplexer Modelle in vielen Fällen nicht einfach zugänglich sind, werden für die Bewertung der damit simulierten Klimaänderungen oder zur einfachen Beschreibung der aufgrund anthropogener Störungen zu erwartenden Klimaänderungen geeignete Maßzahlen benötigt. Solche Maßzahlen sollen zum einen wichtige Inhalte möglichst prägnant komprimieren, aber gleichzeitig nicht zu Fehlern in der Bewertung von Klimaänderungen verleiten. Beispiele für Maßzahlen sind das Radiative Forcing (Strahlungsantrieb), das GWP (Treibhausgaspotential) oder der Radiative Forcing Index. Diese Zahlen werden vom IPCC verwendet; das GWP spielt eine wichtige Rolle im Kyoto-Protokoll.

Die verwendeten Maßzahlen weisen Schwächen auf: Sie sind ursprünglich nur für langlebige und gut durchmischte Treibhausgase wie CO₂ oder CH₄ konzipiert, werden aber auch für andere Gase angewendet (z.B. NO_x). So macht man bei der Nutzung der Radiative Forcings implizit die Annahme, dass zwischen diesem und der zu erwartenden Änderung der global gemittelten Gleichgewichtstemperatur ein linearer Zusammenhang besteht. Jüngere Simulationen zeigen jedoch, dass diese Linearität für räumlich inhomogene Störungen nicht gegeben ist. Über die Verwendung des Radiative Forcings als Basis hinaus gibt es beim GWP weitere Probleme, die auf der Annahme eines konstanten Hintergrundes beruhen. Tatsächlich spielt aber die Historie der Emissionen eine größere Rolle, als von den Faltungsintegralen im GWP erfasst wird. Der Radiative Forcing Index erlaubt einen direkten Vergleich verschiedener Sektoren anthropogener Klimaänderungen, z.B. bodengebundener Verkehr und Luftverkehr, Haushalt und Industrie, leidet aber auch unter den Schwächen des Radiative Forcings.

Nach einer Definition verschiedener gebräuchlicher Indices werden diese für Beispiele von anthropogenen Klimaänderungen bestimmt. Anhand von Simulationen mit komplexen Modellen werden die Schwächen bisheriger Ansätze demonstriert. Anschließend werden Erweiterungen der Maßzahlen aufgezeigt, die Schwächen der alten Maßzahlen nicht mehr aufweisen.

INFORMATIONSGEWINN DURCH REGIONALISIERUNG

Klaus Keuler, Deutschland

Die Untersuchung möglicher Auswirkungen zukünftiger Klimaveränderungen erfordert immer mehr eine detaillierte Regionalisierung globaler Klimasimulationen. Zu diesem Zweck bedient man sich u.a. dynamisch genesteter Langzeitsimulationen mit sog. regionalen Klimamodellen. Eine zentrale Frage dabei ist: Was bringt diese Methode der Regionalisierung globaler Klimasimulationen? Daher untersucht der Vortrag, welche zusätzlichen Informationen eine hoch aufgelöste regionale Klimasimulation im Vergleich zu der sie antreibenden globalen Simulation liefert. Zu diesem Zweck werden die Ergebnisse einer zehnjährigen Klimasimulation mit dem Regionalmodell REMO über Mitteleuropa bei einer räumlichen Auflösung von 1/6 Grad ausgewertet und mit den entsprechenden Klimaparametern der globalen Simulation mit dem Modell ECHAM4/T106 verglichen. Dabei stellt sich heraus, dass die globalen Klimamuster nicht nur wesentlich detaillierter wiedergegeben werden, sondern sich auch die regionalen Flächenmittel der Klimaparameter beider Simulationen signifikant voneinander unterscheiden. Besonders gravierend erweisen sich z.B. die Unterschiede in der Häufigkeit und Intensitätsverteilung von Niederschlagsereignissen. Auch die Jahressgänge einiger Klimaparameter weichen deutlich voneinander ab. Die Ergebnisse belegen, dass die regionale Simulation mehr ist als eine reine Interpolation globaler Simulationsergebnisse.

RÄUMLICHE DIFFERENZIERUNG VON EINGANGSDATEN STATISTISCH-EMPIRISCHER MODELLE - AUFGEZEIGT AN EINEM REGIONALEN BEISPIEL

Katja Woth, Deutschland

Allgemeine Zirkulationsmodelle sind in der Lage großräumige Zirkulationsmuster und räumlich wenig variierende Klimaparameter wie z. B. Luftdruck und Temperatur in einer den Modellen zugrundeliegenden groben räumlichen Auflösung gut zu simulieren. Zahlreiche praktische Fragestellungen, den regionalen Raum betreffend, erfordern jedoch höher aufgelöste klimatologische Informationen.

Die Qualität der Ableitung von Klimadaten aus großräumigen Zirkulationsmustern auf eine regionale oder lokale Informationsebene durch die Anwendung des statistischen Downscalings ist Abhängig von der Qualität der statistischen Transferfunktion. Diese Funktion oder Modell beschreibt den statistischen Zusammenhang zwischen dem Prädiktor und dem hiervon abhängigen Prädiktanden. Das Modell erfasst den tatsächlichen Zusammenhang um so besser, je genauer, dem Zweck entsprechend, die empirischen Eingangsdaten gewählt werden.

Aufbauend auf Studien, die das zukünftige Niederschlagsverhalten der Iberischen Halbinsel bei einer möglichen Änderung des Zirkulationsmusters in der Zukunft zum Thema haben, wurde untersucht, ob und in wieweit durch eine zusätzliche räumliche Datendifferenzierung eine Erhöhung der statistischen Sicherheit der Transferfunktion erreicht werden kann.

Um ähnliche Strukturen der Niederschlagsvariabilität jeweils gemeinsam betrachten zu können, soll auf der einen Seite der Prädiktand durch eine Clusteranalyse in möglichst homogene Unterräume eingeteilt werden. Auf der anderen Seite wird der Prädiktor räumlich so gewählt oder selektiert, daß eine möglichst hohe Korrelation zwischen dem nordatlantischen Bodenluftdruckfeld und dem regionalen Niederschlag vorhanden ist. Hierdurch wird das Feld der SLP-Anomalien "detektiert", deren Variabilität sich am stärksten auf die Niederschlagsverhältnisse im Südwesten Europas auswirkt. Daneben erfolgt durch beide Verfahren eine indirekte Überprüfung der Plausibilität der Eingangsdaten zur späteren Modellerstellung.

ABSCHÄTZUNG DER ENTWICKLUNG DES WINTERNIEDERSCHLAGS IN NRW

Andreas Krüger, Uwe Ulbrich, Deutschland

In Treibhausgas-Szenarioexperimenten mit den globalen Klimamodellen ECHAM4/OPYC3 und HADCM3 wird für die Region Zentraleuropa (Benelux und Norddeutschland) eine Zunahme des Winterniederschlags im Klimasignal (die Jahre 2040 bis 2089 des Szenarienlaufes – Mittelwert des Kontrolllaufes) von 10 bis 15% berechnet. Die Gültigkeit dieses Ergebnisses für den Bereich Nordrhein-Westfalen (NRW) wird auf der Basis einer Analyse von Großwetterlagen überprüft.

Zunächst wird dazu (unter Verwendung der täglichen subjektiv bestimmten Angaben des DWD und der NCEP Reanalysedaten) für jede der 29 Großwetterlagen nach Hess/Brezowski das mittlere Bodendruckmuster bestimmt. Die mittleren Druckverteilungen gehen in ein objektives Erkennungsverfahren ein, das schließlich auf tägliche Daten von Kontroll- und Szenarienexperimenten des Klimamodells ECHAM4/OPYC3 angewandt wird.

Es zeigt sich zunächst, daß die durch das objektive Erkennungsverfahren gewonnene Häufigkeitsverteilung der beobachteten Wetterlagen sowohl im Kontrolllauf (Datenbasis: 150 Jahre) sowie in der Kontrollperiode des Szenarienlaufes (50 Modelljahre) im wesentlichen richtig wiedergegeben wird.

Legt man die beobachtete Relation zwischen Großwetterlagen und Niederschlag an 153 Meßstationen in NRW zugrunde, so läßt sich für jede Meßstation ein Niederschlagswert auf Grundlage der Wetterlagenhäufigkeit berechnen. Zunächst wird jedoch mit einem mittleren Wert über alle 153 Stationen gerechnet. Danach ergibt sich für die Kontrollperiode / den Kontrolllauf des Modells eine Überschätzung des Niederschlags um 9,0% / 9,3%. Hierzu trägt insbesondere die (geringfügige) Überschätzung der Westlagen (Großwetterlagen 1 bis 4) sowie von zwei weiteren regenreichen Wetterlagen bei.

Im Treibhausgas-Szenario ergibt sich im Vergleich zu den Kontrollexperimenten nur zum Teil eine weitere Zunahme von niederschlagsreichen Wetterlagen. Unter anderem erhöht sich die Häufigkeit der Westlagen um absolut 7,9% gegenüber dem Kontrolllauf. Bestimmte regenreiche Wetterlagen zeigen jedoch ein rückläufiges Verhalten, so daß sich für den gesamten zukünftigen Niederschlag nur eine geringfügige Zunahme von 1,6% gegenüber den Kontrollexperimenten ergibt. Der vom Modell selbst an einem Referenzgitterpunkt berechnete Niederschlag erreicht zum Ende des Szenarios um 10,0% höhere Werte als in den Kontrollsimulationen. Daraus läßt sich schließen, daß die Berechnung des regionalen Niederschlags auf Grundlage der Wetterlagenklassifikation einer Berücksichtigung der Intensitätsänderung für den zukünftigen Niederschlag bedarf. Eine genauere Analyse für die einzelnen Meßstationen ist ebenfalls notwendig.

Die genannten Niederschlagsentwicklungen werden schließlich mit den Resultaten eines völlig unabhängigen statistischen Verfahrens zur Beschreibung eines zukünftigen Klimas verglichen, daß bei einem vorgegebenen Temperaturanstieg von 1,5°C eine Niederschlagsänderung an einzelnen Meßstationen abschätzt.

ANZEICHEN DER ANTHROPOGENEN KLIMAAENDERUNG IM LOKALEN WELLENKLIMA DER NORDSEE

Arnt Pfizenmayer, Deutschland

In den letzten Jahrzehnten konnte in der zentralen Nordsee eine Zunahme der Häufigkeit ostwärts laufender Wellen beobachtet werden. Mit Hilfe eines statistischen Modells wurde die Wellenstatistik des 20. Jahrhunderts rekonstruiert. Der monatliche mittlere Bodenluftdruck über dem Nordatlantik und Westeuropa wurde mit einer linearen multivariaten Technik auf die monatliche Verteilung der Wellenrichtungen regionalisiert. Der Vergleich der jüngsten Änderungen mit dem gesamten Jahrhundert zeigt, dass diese Änderung im Wellenklima signifikant ist (5% Grenze).

Zur Untersuchung der Ursachen dieser Veränderung wurden diese mit den regionalisierten Ergebnissen aus einem transienten Klimaszenario und einem hochaufgelösten Zeitscheibenexperiment verglichen. Beide Szenarien produzieren bei ansteigenden Treibhausgasen und Aerosolen eine qualitativ konsistente Änderung. Die Zunahme der östlich laufenden Wellen könnte somit ein lokaler Hinweis auf eine globale Klimaänderung sein.

IST IN LANGFRISTBEOBACHTUNGEN EIN POTENZIAL FUER KLIMAPROGNOSEN ERKENNBAR?

Heinz Wanner, Schweiz

Da kleinskalige, kaum messbare Eigenschaften des Anfangszustandes bei der Integration der Prognosegleichungen einen erheblichen Einfluss auf grössere Skalen ausüben, sind der Prognostizierbarkeit des Klimas klare Grenzen gesetzt. Trotzdem fordert die Öffentlichkeit den Schritt von der Wetterprognose zur ebenfalls deterministisch angelegten Klimaprognose auf mehrere Wochen oder sogar Monate hinaus. In dieser Richtung werden denn auch grosse Anstrengungen unternommen. Parallel dazu erscheinen im Internet versuchsweise erste statistische Monatsprognosen, welche in erster Linie auf optimierten Analogfallverfahren basieren und entsprechend niedere Eintretenswahrscheinlichkeiten aufweisen.

Für den Raum Atlantik-Europa liegen seit kurzem qualitativ stark verbesserte Rekonstruktionen von 500jährigen saisonalen bis monatsgemittelten Feldern von Bodenluftdruck, Temperatur und Niederschlag vor (Luterbacher et al. 2000, Luterbacher et al. 2001). Im Vortrag wird zunächst auf die Langfristvariabilität der beobachteten Muster eingegangen. Anschliessend wird nach den Prozessen gefragt, welche aufgrund dieser Beobachtungen auf der klimatologischen Zeitskala auf ein mögliches Prognosepotential hinweisen. Im Vordergrund stehen Ozeanzirkulation, Ozeanoberflächentemperatur, sensibler und latenter Wärmefluss über dem Ozean sowie die synoptische Feldstruktur über dem europäischen Kontinent. Am Schluss wird anhand von Beispielen die Frage gestellt, wie weit mit statistischen Ansätzen aus Beobachtungen (z.B. über Timelag-Verfahren) Prognosehilfen abgeleitet werden können.

Literatur:

Luterbacher, J., C. Schmutz, D. Gyalistras, E. Xoplaki und H. Wanner, 2000: Reconstruction of monthly NAO and EU indices back to A.D. 1675. *Geophys. Res. Lett.* **26**, 2745-2748.

Luterbacher, J. E. Xoplaki, D. Dietrich, R. Rickli, J. Jacobeit, C. Beck, D. Gyalistras, C. Schmutz, und H. Wanner 2001: Reconstruction of Sea Level Pressure fields over the Eastern North Atlantic and Europe back to AD 1500, eingereicht.

JAHRESZEITENVORHERSAGE IM OPERATIONELLEN VORHERSAGEBETRIEB DES DEUTSCHEN WETTERDIENSTES

Paul Becker, Reinhard Strüfing, Deutschland

Seit einiger Zeit werden vom Deutschen Wetterdienst in Hamburg Jahreszeitvorhersagen der Temperatur und des Niederschlages mit einer zeitlichen Auflösung von einem Monat und einer räumlichen Auflösung von 250 km für den operationellen Vorhersagebetrieb erstellt. Der Vorhersagehorizont liegt bei 5 Monaten. Grundlage des Vorgehens sind die monatlich vom Europäischen Zentrum für Mittelfristprognosen (ECMWF) bereitgestellten Ensemble-Vorhersagen.

Erstmalig werden für die Vorhersagen jedoch Monatsmittelwerte der entsprechenden Parameter berechnet und für Vorhersagen der mittleren Breiten benutzt. Ergänzend zu diesen Vorhersagen erfolgt eine ständige Verifikation.

Die bisherigen Ergebnisse erlauben noch keine abschließende Bewertung der Güte der Vorhersagen. An Hand des Posters wird jedoch augenfällig gezeigt, dass die Vorhersagen schon jetzt für eine Reihe von Nutzern eine beträchtliche Hilfe bei der Planung betrieblicher Prozesse darstellen.

ENTWICKLUNG VON EXTREMSITUATIONEN BZGL. NIEDERSCHLAG IM BEREICH NRW

Tim Brücher, Andreas Krüger, Uwe Ulbrich, Deutschland

Die raum- zeitliche Verteilung der Intensität und der Dauer von Niederschlagsereignissen über Nordrhein-Westfalen (Deutschland) und ihre Veränderung wird auf Basis von Modell- und Beobachtungsdaten untersucht. Als Modellergebnisse werden die globalen Modelle HADCM3 und ECHAM4/OPYC3, sowie das regionale Modell HIRLAM (High Resolution Limited Area Model / Version des Rossby Centre), das durch einen ECHAM4/OPYC3 Szenarienlauf angetrieben wird, betrachtet. Die Modellergebnisse werden mit Beobachtungen aus dem Bereich NRW verglichen. Dabei stützen sich die Resultate der Beobachtungen auf Zeitreihen von 50 Stationen mit einer zeitlichen Auflösung bis zu 50 Jahre tägliche Werte.

Die Kontroll-Simulation des ECHAM4/OPYC3 zeigt für den Niederschlag Werte um 800mm/Jahr auf, die zu den Beobachtungen im Flachland konsistent sind. Der zugehörige Szenarienlauf zeigt auf Jahresbasis kein signifikantes Trendverhalten bzgl. des Niederschlages. Hingegen ergeben Untersuchungen auf Halbjahresbasis eine Abnahme des Sommerniederschlags und eine nahezu ausgleichende, gegenläufige Entwicklung im Winterhalbjahr. Dieser negative Trend für die Winterhalbjahre wird auch durch einen Grosswetterlagenansatz bestätigt. Dieses Verhalten spiegelt sich in den Zeitreihen an einem geeigneterem Referenzgitterpunkt wieder.

Untersuchungen an diesem Referenzgitterpunkt bezogen auf Extremsituationen liefern für das Treibhausgas-Szenarioexperiment eine Zunahme der Häufigkeit „nasser Monate“ im Winterhalbjahr (akkumulierter Niederschlag grösser 160mm). Die Zahl der Überschreitungen dieses Schwellwerts steigt von einem Ereignis im ersten Drittel (1860-1940) auf 12 Ereignisse im letzten Drittel des Szenariolaufs (2020-2100) an. Bei einer Betrachtung der Sommerhalbjahre ergibt sich eine erhöhte Häufigkeit von extrem trockenen Monaten mit minimalstem Niederschlag (akkumulierter Niederschlag kleiner 15mm): erstes Drittel 3 Ereignisse, letztes Drittel 13 Ereignisse.

Die Untersuchungen der Extremsituationen werden mit dem regionalem Klimamodell HIRLAM überprüft. Zwei Zeitperioden von je zehn Jahren, die den Modelljahren 1980-1990 und 2069-2079 des globalen Modells ECHAM4/OPYC3 entsprechen, liegen in einer Auflösung von 44x44 km vor. Dieses Klimamodell wird speziell auch auf tägliche Niederschlagsmaxima hin untersucht. Vergleiche mit Beobachtungsdaten zeigen, dass für den Kontrolllauf dieses Modells wesentliche statistische Merkmale (Jahres- und Monatsmittel, interannuale Variabilität, tägliche Maxima) für den Niederschlag reproduziert werden.

THE AREA OF OHRID-PRESPA LAKES AND THE INFLUENCE OF CLIMATE VARIABILITY

Eglantina Bruçi, Liri Muçaj, Albania

At the southern part of Balkan Peninsula, just where the borders of Albania, Macedonia and Greece meet each other, are located the two Prespa lakes. Formed ca. 2 million years ago, together with Ohrid, Prespa lakes constitute the biggest water complex in Balkan, presenting a distinct individuality in the origin of formation, hydrologic regime and their recreate values. Shared by three countries, with a catchments area densely populated, Prespa lakes are supporting an evident human pressure, constantly increased during last years, especially in Albanian part .

This paper aims to give a brief description only of the temperature and precipitation variability over this area as well as the analysis of its influence and of the expected change.

The zone under study, according to the climatic division, belongs to the southeastern mountainous subregion, with cold winter and cool summer.

The mean annual temperature over this zone varies between 7.5°C and 12°C; the mean winter temperature between -2.3°C and 6.6°C, while the summer one varies between 10.5°C and 22.3°C. The precipitation total falling down over the zone varies between 350 to 1350 mm.

The reveal of long term changes in temperature, precipitation in Ohrid-Prespa zone and the determination of their tendency and rate are performed. The anomalies and the linear trend of filtered series (ten years moving averages) are analysed. The actual trend is discussed in relation with the expected temperature and precipitation changes scenarios, prepared by using MAGICC/SCENGEN software, prepared by CRU/UEA.

This climate change scenario for Albania leads to an annual increase in temperature up to 3.6°C and decrease in precipitation to -12.5% by 2100 related to 1990. Severe summers with high temperatures (up to 4.1°C) and low precipitation (up to -27%) are expected to meet over the territory, that may cause negative or positive impacts. Autumn seems to play the second role in annual changes. Milder winters and warmer springs are expected as well.

References

Climate of Albania, 1975, Hidmet, Tirana

Guo X., Palutikof J.P., Wigley T.M.L., 1994. Temperature and precipitation scenarios for Albania. Report to the UNEP Co-ordinating Unit for the Mediterranean Action Plan, 1994, CRU, School of Environmental sciences, UEA, Norwich.

Jeffic L., Milliman I.D., Sestini G. (eds.) 1992, Climate Change and the Mediterranean. Edward Arnold. A division of Hodder and Stoughton. London, New York, Melbourne, Auckland.

Demiraj E., *et al.*, 1996. Implication of climate change for the Albanian coast. MAP Technical Report Series No.98. UNEP.

WELTWEITE VERIFIKATION DER JAHRESZEITEN-VORHERSAGE DES ECMWF

Lothar Kaufeld, Deutschland

Seit 1995 erstellt das Europäische Zentrum für Mittelfrist-Vorhersagen (ECMWF) in Reading experimentell Jahreszeitn-Prognosen, die das Geschäftsfeld Seeschiffahrt dienstintern für den Deutschen Wetterdienst interpretiert.

Um Fragen nach Eintreff-Wahrscheinlichkeiten und damit nach der Güte dieser Vorhersagen in den verschiedenen Klimazonen der Erde beantworten zu können, führten die Autoren eine Verifikation durch: Für 103 ausgewählte weltweit verteilte Stationen, deren monatliche Beobachtungswerte von Temperatur und Niederschlag vorliegen, verglichen sie die monatlichen und vierteljährlichen Anomalien der Lufttemperatur mit dem ECMWF-Prognosen der letzten Zeit für die nächstgelegenen Gitterpunkte.

Das Poster zeigt auf einer Weltkarte für jeden diese Punkte die Treffer-Quote für „zu warm“ bzw. „zu kalt“ und den Root Mean Square Error (RMSE). – Die wichtigsten Ergebnisse werden diskutiert.

PARAMETRISIERUNG DER SOLAREN STRAHLUNGSFLUSSDICHTEN FÜR INHOMOGENE WOLKEN

Mario Schewski, Deutschland

Die Parametrisierung der Wolkenstrahlungsbilanz ist eine der größten Unsicherheiten in den gegenwärtig existierenden großräumigen atmosphärischen Modellen. Die Berechnung der solaren Strahlungsflussdichten der bewölkten Atmosphäre führt unter der Annahme planparalleler homogener Wolken zu qualitativ bekannten Fehlern im Vergleich zu den Strahlungseigenschaften reeller dreidimensionaler Bewölkung gleicher mittlerer Wolkeneigenschaften (Stichwort "albedo-bias"). Allerdings werden die für den Strahlungstransport relevanten räumlichen Skalen in den regionalen und großskaligen dynamischen Atmosphärenmodellen nicht aufgelöst. Um den damit verbundenen Parametrisierungsfehler zu quantifizieren bzw. um verbesserte Parametrisierungen zu entwickeln, untersucht die vorliegende Arbeit den Zusammenhang zwischen den großskaligen Eigenschaften inhomogener Bewölkung und den auf den gleichen Skalen räumlich gemittelten Strahlungsflussdichten.

Zur Berechnung der breitbandigen solaren Albedo, Transmission und Absorption der dreidimensional inhomogenen Atmosphäre wurde ein Monte Carlo Strahlungstransportmodell auf 168 verschiedene dreidimensionale Wolken angewendet. Die horizontale Auflösung der Wolkenfelder beträgt 2 km, die vertikale Auflösung variiert von 200 m am Boden bis 1 km in 10 km Höhe. Die Wolkenfelder resultieren aus Rechnungen des dreidimensionalen, nicht-hydrostatischen Atmosphärenmodells GESIMA. Die Startbedingungen der Modellrechnungen entstammen Radiosondenaufstiegen des DWD, in denen durch zusätzliche Feuchtestörungen konvektive Wolkenbildung initiiert wurde. Die in die Untersuchung einfließenden Wolkeneigenschaften sind die jeweils gebietsgemittelten Flüssigwasser-, Eiswasser-, Regenwasser- und Schneewasserpfade, Bedeckungsgrad, vertikale Erstreckung, Wolkenoberkantentemperatur und das Alter der Wolken. Zur Untersuchung der Abhängigkeiten wurden mittels einer EOF-Analyse die Hauptkomponenten der räumlich gemittelten physikalischen Wolkeneigenschaften mit den gemittelten Strahlungsflussdichten korreliert. Es zeigt sich, dass Albedo und direkte Transmission am stärksten von dem Flüssigwasserpfad, dem Regenwasserpfad und dem Bedeckungsgrad, Absorption am stärksten von der vertikalen Wolkenausdehnung und dem Eis-, Schnee- und Flüssigwasserpfad abhängen.

Zur Anwendung in nicht wolkenauflösenden Atmosphärenmodellen wurde eine nichtlineare Parametrisierung der solaren breitbandigen Strahlungsflussdichten als Funktion der räumlich gemittelten physikalischen Wolkeneigenschaften errechnet. Die parametrisierten Strahlungsflussdichten für das Gebietsmittel sind überraschend hoch mit den räumlich gemittelten Strahlungsflussdichten der originalen dreidimensionalen Strahlungstransportrechnungen korreliert. Damit erscheint die Berücksichtigung dreidimensionaler Bewölkung in der Strahlungsparametrisierung nichtwolkenauflösender Atmosphärenmodelle als durchaus möglich.

DIE WECHSELWIRKUNG ZWISCHEN ZYKLONEN UND EISBEDECKUNG IM BEREICH DER FRAMSTRASSE

Silke Dierer, K. Heinke Schluenzen, Deutschland

Zyklonen im Bereich der Framstrasse spielen eine wichtige Rolle im Klimasystem, indem sie Waerme und Feuchtigkeit polwaerts transportieren (Bromwich, 1997). Weiterhin beeinflussen sie durch Wolken die Strahlungsbilanz und ihr Einfluss auf die Eisbedeckung kann eine Aenderung der Albedo und der Oberflaechenfluesse verursachen. Neben diesem Effekt auf die Oberflaechenenergiebilanz wird vermutet, dass Zyklonen auch den Eisexport durch die Framstrasse beeinflussen koennen. Durch ihr zeitlich variables Windfeld kann eine Auflockerung der Eisbedeckung bewirkt und damit der Eistransport erleichtert werden (Bruemmer und Hoerber, 1999). Diese wuerde den Frischwassertransport in die Groenlandsee erhoehen und somit die Tiefenwasserbildung beeinflussen.

Im Bereich der Framstrasse liegen nur wenige Messungen vor, die eine Untersuchung der Wechselwirkung zwischen Zyklone und Eisbedeckung ermoeglichen. Daher werden fuer ergaenzende Studien numerische Modelle angewendet. Hierfuer wird das mesoskalige Atmosphaerenmodell METRAS (Schluenzen, 1990) interaktiv mit einem Eismodell gekoppelt. Die Simulation wird an einer in der Framstrasse gemessenen Situation orientiert, waehrend der sich eine mesoskalige Zyklone in noerdlicher Richtung ueber das Eis bewegte. Da fuer eine realistische Simulation die Anfangs- und Randbedingungen nicht ausreichend bekannt sind, wird der Zyklonendurchgang mit dem gekoppelten Atmosphaere-Eis-Modell in idealisierter Weise dargestellt. Um den Durchzug der Zyklone darstellen zu koennen, wird das Atmosphaerenmodell mit den Windfeldern einer der gemessenen nachempfundenen aber idealisierten Zyklone angetrieben. Es wird untersucht, welchen Effekt der Zyklonendurchzug auf die Eisdrift und die Eisbedeckung hat. Darueberhinaus wird auch die Rueckwirkung der veraenderten Eisbedeckung auf die Atmosphaere betrachtet. Anhand von Sensitivitaetsexperimenten wird der Einfluss von veraenderten Eisparametern und Oberflaechentemperaturen sowie einer veraenderter Zyklonenzugbahn abgeschaezt.

Die Simulationsergebnisse zeigen einen deutlichen Einfluss des Windfelds der Zyklone auf die Eisdrift und eine Auflockerung der Eisbedeckung entlang der Zyklonenzugbahn. Die Variation der oben genannten Parameter beeinflusst die Wechselwirkung in unterschiedlichem Masse. Von besonderer Bedeutung scheinen die Zyklonenzugbahn und der Grad der Eisbedeckung zu sein. Dagegen lassen eine Veraenderung der Oberflaechentemperaturen und der Eisdicke keinen signifikanten Einfluss auf die Wechselwirkung von Zyklone und Eisdrift erkennen.

Bromwich, D.H. (1997): Introduction to special section: synoptic and mesoscale weather systems in the polar regions. J. Geophys. Res., Vol. 102, S. 13727 - 13729.

Bruemmer, B.; Hoerber, H. (1999): A mesoscale cyclone over the Fram Strait and its effects on the sea ice. J. Geophys. Res. 104, 19085 - 19098.

Schluenzen, K.H. (1990): Numerical studies of the inland penetration of sea breeze fronts at a coastline with tidally flooded mudflats. Beitr. Phys. Atmosph., 63, 243 - 256.

NIEDERSCHLAGSVARIABILITÄT IN MAROKKO UND DER ZUSAMMENHANG MIT DER GROBSKALIGEN ZIRKULATION

P. Knippertz, M. Christoph, P. Speth, Deutschland

Monatliche GHCN (Global Historical Climatology Network) Niederschlagsdaten für das 19. und 20. Jahrhundert von 42 Stationen in Marokko, dem westlichen Algerien und dem nördlichen Mauretaniens wurden anhand von Korrelations- und Kompositstudien im Hinblick auf Einflüsse von Baroklinität, Stormtrack und Zyklonenaktivität, Feuchtetransporte, Variationen der Nordatlantischen Oszillation (NAO) und der Auftretenshäufigkeit verschiedener Großwetterlagen untersucht. Die Studie beschränkt sich auf das Winterhalbjahr.

Das Untersuchungsgebiet wurde in 3 Regionen mit ähnlichen Niederschlagscharakteristiken unterteilt, für die jeweils ein monatlicher Niederschlagsindex anhand von Quintilwerten der einzelnen Stationen bestimmt wurde. Für die nördlichen und westlichen Teile Marokkos zeigt sich ein deutlicher Zusammenhang zwischen dem Niederschlag und der Intensität und Lage der baroklinen Aktivitätszone über dem Nordatlantik. In Monaten mit überdurchschnittlich viel Niederschlag beobachtet man eine süd- bis südwestliche Verschiebung der Bahnen atlantischer Zyklonen sowie eine Zunahme der synoptisch-skaligen Geopotentialvarianz in 500 hPa (Stormtrack) vor allem westlich der iberischen Halbinsel. Darüber hinaus ist die Häufigkeit lokaler Zyklonen erhöht und das mitteltroposphärische Geopotential nordwestlich der Region deutlich niedriger als in trockenen Monaten. Außerdem findet man sowohl in der oberen als auch in der unteren Troposphäre erhöhte Baroklinität südlich von 45°N über dem Atlantik und dem Mittelmeer sowie erniedrigte Werte über dem nördlichen Nordatlantik und Nordwesteuropa. Zyklonen in der Nähe der iberischen Halbinsel, deren Auftreten durch die Verschiebung der Baroklinitätszonen begünstigt wird, führen mit ihren zugehörigen Fronten zu einem verstärkten Feuchtetransport in der unteren Troposphäre vom Atlantik nach Marokko hinein. Folglich ist die Korrelation des Niederschlags mit der Auftretenshäufigkeit von Westwetterlagen (nach Lamb) hoch. Da in Niederschlagsituationen im allgemeinen niedriger Luftdruck westlich der iberischen Halbinsel und über dem westlichen Mittelmeer beobachtet wird, findet man eine negative Korrelation mit der NAO. Dennoch führt die Wahl unterschiedlicher südlicher Zentren für den betreffenden Index zu erheblichen Unterschieden in der Stärke des Zusammenhangs. Während ein NAO-Index, der anhand der Druckdifferenz zwischen Gibraltar und Island berechnet wurde, bis zu 60% der Niederschlagsvarianz in einigen Monaten an manchen Stationen erklärt, werden für den 'klassischen' Index mit dem subtropischen Zentrum in Ponta Delgada (Azoren) nur Werte bis zu 36% erklärter Varianz erreicht.

Niederschlag in Nordostmarokko und Nordwestalgerien sowie in der Region südlich des Atlas erweist sich als weniger stark durch die nordatlantische, barokline Aktivität und die NAO, sondern mehr durch lokale Faktoren beeinflusst. Für erstgenannte Region spielen Zyklonen über dem westlichen Mittelmeer eine entscheidende Rolle. Diese verursachen erhöhte Transporte von Feuchte vom Mittelmeer gegen die Nordküste, welche an den Hängen des Tellatlas abgereget wird. Folglich ist die Korrelation mit dem Auftreten nördlicher Wetterlagen hoch. Monate mit viel Niederschlag sind darüber hinaus mit lokal erhöhter Geopotentialvarianz und niedrigem Geopotential in 500 hPa gekennzeichnet. Für die Region südlich des Atlas erweisen sich Zyklonen südwestlich der iberischen Halbinsel, an deren Südflanke Feuchtigkeit vom Atlantik entlang der Südseite der Hohen Atlas nach Osten transportiert wird, als wichtiger Faktor. Ein Zusammenhang mit dem Auftreten von südlichen und östlichen Wetterlagen deutet auf eine orographisch bedingte Niederschlagserzeugung in dieser Region hin.

KREUZKORRELATIONSFUNKTIONSANALYSE DER OBERFLAECHENFLUESSE UND DER SST IM NORDATLANTIK

Ulrike Loeptien, Deutschland

Um die Frage der lokalen Wechselwirkung zwischen Ozean und Atmosphaere im Nordatlantik zu klaeren, wird die Kopplung zwischen Anomalien der Meeresoberflaechentemperatur (SST) und der Fluesse zwischen Ozean und Atmosphaere untersucht. Betrachtet wurden turbulente Waerme- und Impulsfluesse sowie Strahlungsfluesse. Als Datenbasis dienten dabei Beobachtungsdaten (COADS), Reanalysedaten (NCEP/NCAR) und Daten von einem 300-jaehrigen Kontrolllauf des gekoppelten Ozean-Atmoshaere-Meereis Modells ECHAM4/OPYC3.

Im Vordergrund dieser Studie steht dabei die detaillierte Analyse der Kreuzkorrelationsfunktionen auf zunaechst monatlichen Zeitskalen. Zuerst wurden fuer den gesamten Nordatlantik lokal die Kreuzkorrelationsfunktionen zwischen der SST und den einzelnen Flusskomponenten bestimmt. Um zu untersuchen, ob es dominante Moden der Wechselwirkung Ozean-Atmosphaere gibt, wurde danach eine EOF Analyse der Kreuzkorrelationsfunktionen durchgefuehrt. Diese wurden anschliessend mit konzeptionellen Modellen verglichen.

Bei der Betrachtung der dominanten Moden der Wechselwirkung Ozean-Atmosphaere im Nordatlantik zeigt, dass - unabhaeugig vom jeweiligen Datensatz und im gesamten Nordatlantik - die Atmosphaere lokal ueber Waermefluss-, Impulsfluss- und Strahlungsfluss-anomalien SST Anomalien erzeugt. Die Rueckkopplung der SST Anomalien auf die Atmosphaere ist eher gering und beschraenkt sich auf eine Anpassung der Temperaturen in den unteren Atmosphaerenschichten. Unsere Analysen geben wenig Hinweis darauf, dass die Dynamik der Atmosphaere auf monatlichen Zeitskalen bedeutend durch den Ozean beeinflusst wird.

SST- UND CO₂-SIGNALE IM WESTAFRIKANISCHEN NIEDERSCHLAG DES 20. JAHRHUNDERTS

Heiko Paeth, Deutschland

Anhand langjähriger globaler und regionaler Klimamodellsimulationen mit vorgeschriebenem SST-Antrieb und teilweise auch CO₂-Antrieb wird der Einfluß der Meeresoberflächentemperaturen bzw. eines anthropogen verstärkten Treibhauseffektes auf die Niederschlagsvariabilität über Westafrika untersucht. Diese Simulationen liegen in Form von Ensemblevorhersagen und auf Basis unterschiedlicher atmosphärischer Zirkulationsmodelle vor. Der SST-Antrieb basiert auf einem globalen Datensatz beobachteter Meeresoberflächentemperaturen und Meereisbedeckungen. Die aufwendige Datensatzkonstellation macht es möglich, den Anteil der SST- und CO₂-induzierten Varianz an der Gesamtvariabilität des Niederschlages statistisch zu quantifizieren.

Die SST beeinflussen die Jahressummen des Niederschlages vor allem über dem Golf von Guinea und bis ca. 500 km ins Landesinnere des Guinea-Küstensaumes zu annähernd 50 %, womit auch Teilausschnitte der Sahel-Zone eingeschlossen sind. Die große Bedeutung der SST ist natürlich dem afrikanischen Sommermonsun zuzuschreiben, welcher als Süd- bis Südwestströmung über dem Golf von Guinea Feuchtigkeit aufnimmt. So ist die saisonale SST-Sensitivität des Niederschlages tatsächlich in den Sommermonaten und im Herbst am größten. Das deutlichste Vorhersagepotential besitzen die SST auf der interannuellen bis dekadischen Zeitskala, so daß vielleicht Hoffnung besteht, die knappe Ressource Wasser zumindest in ihren Grundtendenzen für einige Jahre im voraus aus dem thermischen Zustand des Südatlantiks ableiten zu können. Über dem gesamten nördlichen Teil Westafrikas ist die Niederschlagsvariabilität hingegen eher auf atmosphärische Prozesse zurückzuführen. Insbesondere Marokko scheint geprägt durch den Einfluß der Nordatlantik-Oszillation.

Die Modellläufe vermögen auch die zeitliche Entwicklung des beobachteten Niederschlages während des 20. Jahrhunderts exzellent nachzuzeichnen. So werden sowohl die relativ feuchten 50er Jahre als auch die anschließende Abnahme der Jahresniederschläge über weiten Teilen des westafrikanischen Kontinents reproduziert. Es deutet also einiges darauf hin, daß die Information der zeitlichen Niederschlagsvariabilität anteilmäßig in den beobachteten SST-Daten gespeichert ist.

Die Auswirkung steigender Treibhausgaskonzentrationen auf das Niederschlagsgeschehen läßt sich nur unter Zuhilfenahme weiterer Ensemblevorhersagen vom SST-Einfluß differenzieren. Diesbezüglich ist die Auswertung zum gegenwärtigen Zeitpunkt jedoch noch nicht ausreichend fortgeschritten, so daß SST- und CO₂-Signale bislang als gemeinsamer Antrieb betrachtet werden müssen.

EINFLUSS VON ZYKLONEN UND GROßSKALIGER ZIRKULATION AUF DEN NIEDERSCHLAG IM MITTELMEERRAUM

U. Ulbrich, J.G. Pinto, P. Speth , Deutschland

Der Einfluss der großskaligen atmosphärischen Zirkulation auf die monatliche Variabilität des Winterniederschlags im Mittelmeerraum wird mittels Korrelations- und Kompositstudien untersucht. Dabei interessieren vor allem die Rolle der Zyklonenaktivität (Anzahl und Tiefenverteilung) sowie die damit verbundene Baroklinität und Feuchteadvektion. Die Untersuchungen erfolgen für drei Zielregionen in verschiedenen Teilen des Mittelmeerraums: Portugal, Italien und Griechenland. Der Niederschlag der einzelnen Regionen wird jeweils über eine Hauptkomponentenanalyse erfasst. Ergänzend werden die für die Monatsmittel gefundenen Zusammenhänge anhand einzelner intensiver Niederschlagsereignisse auf täglicher Basis überprüft.

Für Portugal findet man in Monaten mit überdurchschnittlich viel Niederschlag eine anomal südliche Lage der Bahnen atlantischer Zyklonen mit Kerndruck unter 990hPa. Die Häufigkeit lokaler Zyklonen (Kerndruck meist über 990 hPa) spielt vor allem für die Verteilung des Niederschlags innerhalb von Portugal eine Rolle. Baroklinität über dem Atlantik ist in beiden Fällen wichtig. Verstärkte großskalige Feuchteadvektion vom Atlantik, die mit dem Auftreten der tiefen Zyklonen verbunden ist, ist die Hauptursache für den Niederschlag über Portugal. Lokale Zyklonen tragen dagegen vor allem durch Hebung zum Niederschlag bei.

Für Italien zeichnen sich Monate mit überdurchschnittlich viel Niederschlag durch eine erhöhte Anzahl von Zyklonen im westlichen Mittelmeer aus. Diese Zyklonen sind hauptsächlich flach, mit Kerndruck oberhalb von 990 hPa. Sie entstehen als Genua- oder Sharavzyklonen. Auch tiefe atlantische Zyklonen spielen eine Rolle. Ihr Auftreten über dem Golf von Biscaya trägt zu erhöhter Feuchteadvektion ins Mittelmeer bei. Ein zusätzlicher Effekt ist der Beitrag solcher Zyklonen zur Genuazyklogese. Bei einer Position über dem westeuropäischen Festland kann diese Art von Zyklonen begünstigt werden. In Ausnahmefällen verlagern sich atlantischen Zyklonen auch ins Mittelmeer.

Für Griechenland findet man kaum noch Einfluss von atlantischen Zyklonen. Genua- und Sharavzyklonen bestimmen im Wesentlichen die Niederschlagsvariabilität in dieser Region. Diese Zyklonen mit typischem Kerndruck zwischen 990 und 1010 hPa tragen zu Feuchteadvektion aus dem westlichen in den östlichen Mittelmeerraum bei. Auf Monatsbasis ist eine Rolle der Baroklinität kaum nachzuweisen. Dagegen ist sie bei Betrachtung einzelner intensiver Entwicklungen, die zu starkem Niederschlag geführt haben, offenbar von Bedeutung.

SÜßWASSEREINTRAG UND FESTEIS IN DER OSTSIBIRISCHEN ARKTIS UNTERSUCHUNGEN MIT HILFE EINES EINDIMENSIONALEN THERMODYNAMISCHEN FESTEISMODELLS

J. Bareiss, A. Helbig, J. Lüers, K. Görden, Deutschland, H. Eicken, USA

Der oberirdische Abfluß Sibiriens und Nordamerikas ist die Hauptkomponente des Süßwasserhaushaltes im Arktischen Ozean. Mit einem geschätzten durchschnittlichen Jahresabfluß von 1065 km³ (1979–1994) haben die in die ostsibirische Arktis entwässernden Flüsse einen Anteil von bis zu 30% am gesamten Süßwassereintrag in den Arktischen Ozean. Ungefähr 80% des Jahresabflusses erfolgt zwischen den Monaten Juni und August. Die frühsummerlichen Schmelzhochwasser haben dabei starke Auswirkungen auf das küstennahe Abschmelzen des Festeises, die Strukturierung und chemische Zusammensetzung des Schelfwassers, den Sedimenttransport, die Küstenerosion und ökologische Prozesse.

Langjährige hydrometeorologische Beobachtungen in sibirischen Flußbeinzugsgebieten sowie Prognosen globaler Klimamodelle deuten darauf hin, daß eine Erwärmung in Regionen mit nivalen Abflußregimes starke Veränderungen im saisonalen Abflußverhalten hervorruft. Klimaanalysen des russischen Staatlichen Hydrologischen Dienstes zeigen, daß eine Temperaturerwärmung von 1°C zu einer Zunahme des jährlichen Abflusses von 5–10% führen kann (Shiklomanov und Shiklomanov, 1999). Klimaszenarien von Miller und Russel (1992) rechnen für verschiedene sibirische Flüsse mit Zuwächsen im Jahresabfluß von 10–45%.

Mit Hilfe eines eindimensionalen thermodynamischen Festeismodells, welches auf Ansätze von Maykut (1987) und Dean et al. (1993) zurückgeht, werden die Einwirkungen des kontinentalen Süßwassereintrages auf das Festeis in der Laptewsee und Ostsibirischen See untersucht. Dieses Festeismodell stellt eine Weiterentwicklung des Meereismodells von Dean et al. (1993) bezüglich der physikalischen Beschreibung und Parameterisierung der atmosphärischen Einflußgrößen dar und ist an die küstennahen Verhältnisse der ostsibirischen Arktis mit ihren charakteristischen Bedingungen hinsichtlich Energiebilanz und ozeanographischer Zustandsgrößen angepaßt (Schneedecke, Wärmeeintrag durch Flußwasser, Schelfdimensionen). Das Festeismodell wird in einer numerischen Simulation für den Zeitraum 1979–1994 angewendet und liefert als Ergebnis Festeisdicken während der Ablationsphase. Als Eingangsparameter für den atmosphärischen Antrieb werden Modelldaten aus den Re-Analyseprojekten (NCEP/NCAR, ECMWF) und Meßgrößen aus dem synoptischen Meldernetz verwendet. Abflußdaten verschiedener sibirischer Flüsse finden Eingang im hydrologischen Antrieb. Die Prognosen der Eisdicken für die Schelfgebiete vor den deltaförmigen Flußmündungsgebieten liegen in realistischen Wertebereichen.

ZYKLONENAKTIVITÄT UND MEEREISBEDECKUNG IN EINEM REGIONALEN ATMOSPHÄRENMODELL FÜR DIE ARKTIS

K. Görgen, A. Helbig, A. Rinke, J. Bareiss, Deutschland

Das arktische Klimasystem ist durch starke interannuelle Schwankungen und saisonal unterschiedliche Zirkulationszustände gekennzeichnet. Die letzten beiden Dekaden weisen eine signifikante Abnahme der Meereisausdehnung von -2.8% Dekade⁻¹ (Parkinson et al., 1999) auf, diese konzentriert sich im wesentlichen auf die Sommermonate in der ostsibirischen Arktis (Deser et al., 2000).

Neben den Gefrier- und Schmelzprozessen, die die großflächigen jahreszeitlichen Änderungen der Eisbedeckung hervorrufen, weist Meereis auf der synoptischen Zeitskala eine hohe Variabilität auf, die insbesondere an die Intensität und Häufigkeit polarer Zyklonen gekoppelt ist (Maslanik et al., 1996; Tansley und James, 1999).

Um diesen Zusammenhang zwischen Zyklonenaktivität und Meereisanomalien im mesoskaligen Bereich in der Laptewsee zu untersuchen, wird neben Beobachtungs- und Re-Analysedaten das regionale Atmosphärenmodell HIRHAM (Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, Danish Meteorological Institute) mit einer Gitterweite von $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ eingesetzt (Dethloff et al., 1996). Alternativ zu dem unteren Randantrieb aus ECMWF Re-Analysen werden Meeresoberflächentemperaturen und Meereiskonzentrationen aus Beobachtungsdaten des NOAA AVHRR Pathfinder Programms und der passiven Mikrowellenradiometer (SSM/I) der DMSP Satelliten abgeleitet. Die Zyklonenaktivität (Zugbahnen, Kerndruck, räumliche Verteilung, Zyklogenese, Zyklolyse) basiert auf einer Zyklonenstatistik, die mit einem automatisierten Verfahren von Serreze (1995) aus Bodendruckfeldern errechnet wird.

Ein Vergleich von Zyklonenstatistiken, die auf räumlich unterschiedlich aufgelösten Daten beruhen, zeigt die Vorteile des Regionalmodells gegenüber globalen Atmosphärenmodellen. Mesoskalige meteorologische Phänomene (z.B. polare Zyklonen, Wolkenbildung) können realistisch simuliert werden (Maslanik et al., 2000). Durch eine Analyse der raum-zeitlichen Reaktionsmuster der Meereiskonzentrationsfelder und Zeitreihen der meereisbedeckten Fläche für Teilbereiche der Laptewsee sowie der Zyklonenstatistik ist die Wirkung synoptischer Tiefdruckgebiete auf die Meereisfelder abschätzbar. Sensitivitätsstudien mit verschiedenen Meereisszenarien bei gleichbleibendem äußeren Randantrieb lassen Rückschlüsse zu, wie eine veränderte Meereisbedeckung ihrerseits die regionale atmosphärische Zirkulation und damit die Zyklonenaktivität beeinflusst. Dies ermöglicht Aussagen zur Richtung und Stärke der Atmosphäre-Meereis Kopplung.

INTERANNUAL VARIABILITY OF THE INDIAN SUMMER MONSOON AND ITS RELATION TO GLOBAL SSTs

Xiefei Zhi, Andreas Hense, Deutschland

Based on the Indian Monsoon Rainfall (IMR) for the period 1871-1994, the Southern Oscillation Index (SOI) for the period 1866-1994, global SSTs for the period 1856-1991 and NCEP/NCAR reanalysis for the period 1958-1994, interannual variability of the Indian summer monsoon and its relation to global SSTs have been investigated in this study. Seasonal mean SOIs and IMR show significant interannual variability with a period of 2-8 years. The interannual variability of the autumn SOI bears some resemblance to that of IMR, particularly, for the period of 2-3 years. The cross-wavelet spectrum shows that IMR and the autumn SOI are coherent before 1920 and after 1960 for the period of 2-3 years.

The good (bad) monsoon years are associated with the stronger (weaker) low-level westerly over the Indian subcontinent and the easterly component of the trade wind over the southern Indian Ocean. Meanwhile, the upper-tropospheric easterlies are stronger (weaker) over the Tibetan Plateau and in the vicinity of the Equator during the good (bad) monsoon years. The midlatitude westerly is also stronger (weaker) than normal during the good (bad) monsoon years.

The good (bad) monsoon years are correspondent with the cold (warm) SSTs in the equatorial eastern Pacific or the La Niña (El Niño) events quite well. The Indian summer monsoon may be a leading mode in the tropical monsoon-ENSO coupled system. IMR is negatively correlated with the subsequent autumn and winter SST in the equatorial eastern Pacific. The correlations between IMR and SSTs in the equatorial eastern Pacific decrease sharply during the subsequent spring. The Indian summer monsoon may exert an influence on the subsequent Indian Ocean SST anomaly pattern.

VARIABILITÄT DER STRATOSPHERE IN EINEM GEKOPPELTEN KLIMA-CHEMIE MODELL

Martin Dameris, Deutschland

Nicht zufriedenstellend beantwortet ist derzeit die Frage, inwieweit sich Klimaänderungen sowie Veränderungen der Dynamik und Chemie in der oberen Troposphäre und unteren Stratosphäre bereits während der vergangenen Dekaden gegenseitig beeinflusst haben. Mit gekoppelten Klima-Chemie Modellen können Kopplungsmechanismen chemischer Prozesse und des Klimasystems in diesem Höhenbereich identifiziert und quantifiziert werden. Auf dieser Basis wird ein prozessorientiertes Grundlagenwissen geschaffen, mit dem mittelfristig belastbarere Prognosen zur Entwicklung des Klimas sowie der chemischen Zusammensetzung der Atmosphäre möglich sind.

Ergebnisse des Klima-Chemie Modells ECHAM4.L39(DLR)/CHEM werden vorgestellt und mit Beobachtungen verglichen. Im Vordergrund der Betrachtungen stehen Langzeitsimulationen der jüngeren Vergangenheit (1960-1990) die zeigen, dass das verwendete Modellsystem nicht nur die interannuale und intraseasonale Variabilität der Dynamik der Stratosphäre reproduziert, sondern auch Trends dynamischer und chemischer Größen adäquat beschreibt. Ein erster Blick in die Zukunft (2015) zeigt, dass die erwartete weitere Zunahme der Konzentration von Treibhausgasen erhebliche Folgen für die weitere Entwicklung von Dynamik und Chemie der Stratosphäre haben kann. In der Nordhemisphäre wird vom Modell eine Verstärkung der Aktivität planetarer Wellen simuliert, nicht aber in der Südhemisphäre. Die dadurch geänderten dynamischen Bedingungen haben unmittelbare Auswirkung auf die Rückbildung der stratosphärischen Ozonschicht.

VARIABILITÄT DER ARKTISCHEN STRATOSPHERE IM WINTER

Barbara Naujokat, Deutschland

Die thermische Struktur der Stratosphäre, bedingt durch Strahlungs- und Transportprozesse in der gesamten Atmosphäre, wird von einer Vielzahl natürlicher Schwankungen beeinflusst, die einen durch anthropogene Einflüsse (Ozonzerstörung, Treibhauseffekt) überlagerten Trend schwer bestimmbar machen. Die höchste Variabilität wird im Winter und Frühjahr über der Nordhalbkugel beobachtet, wo die Entwicklung und die Lebensdauer des Polarwirbels von Jahr zu Jahr sehr unterschiedlich ist. An Hand der langen Berliner Datenreihe soll diese Variabilität gezeigt werden und an Hand von Fallbeispielen aus den letzten Wintern soll auf die beiden extremen Zustände - Stratosphärenenerwärmungen und extrem kalte Perioden - mit Hilfe relevanter meteorologischer Parameter ausführlicher eingegangen werden. Zum Abschluss werden troposphärische und stratosphärische Variationen vorgestellt, die den jeweiligen Zustand der winterlichen Stratosphäre beeinflussen, und es wird gezeigt, wie stark Trendberechnungen vom Anfangs- und Endwert der betrachteten Zeitreihe abhängen.

DENITRIFIZIERUNGSPROZESSE IN DER STRATOSPHERE UND DEREN BEDEUTUNG FÜR DEN OZONABBAU

H. Fischer, H. Oelhaf, R. Ruhnke, Deutschland

Mit dem MIPAS-B Experiment (Michelson Interferometer für Passive Atmosphärische Sondierung - Ballonversion) sind Denitrifizierungsereignisse in der unteren polaren Stratosphäre zu verschiedenen Zeitpunkten in den vergangenen arktischen Wintern erfasst worden. Rechnungen mit dem numerischen Modell KASIMA (Karlsruher Simulationsmodell der Mittleren Atmosphäre), das heterogene chemische Prozesse und ein Sedimentationsschema für PSC-Partikel beinhaltet, führen zu vergleichbaren Resultaten, wodurch erstmals in einem 3D CTM die Entwicklung der Denitrifizierung und deren Auswirkung auf die Ozonchemie nachgewiesen werden konnte. Die detaillierten Prozesse zur PSC-Bildung und deren Eigenschaften sind jedoch nach wie vor Gegenstand der Forschung.

Da bei einer Denitrifizierung einer Atmosphärenschicht im polaren Winter die Chloraktivierung im Frühjahr bis zur Auflösung des Polarwirbels weitgehend erhalten bleibt, bewirken solche Ereignisse einen verstärkten Ozonabbau. Modellrechnungen des MPI Mainz haben gezeigt, dass diese Vorgänge in Verbindung mit dem zunehmenden Treibhauseffekt den Ozonabbau in polaren Breiten trotz abnehmenden Chlorgehalts in der Stratosphäre um mehrere Jahrzehnte perpetuieren können.

Die kommenden Messungen mit dem MIPAS-Weltraumexperiment auf ENVISAT bieten die Möglichkeit, die ganze NO_y -Familie und die PSC-Extinktion täglich und flächendeckend über den Polargebieten zu erfassen. Damit könnte erstmals die zeitliche und räumliche Entwicklung der Denitrifizierungsereignisse im Detail untersucht werden.

VARIABILITY OF MIDDLE ATMOSPHERE TEMPERATURE AND TRACE GAS MIXING RATIOS

D. Offermann, G. Eidmann, M. Kaufmann, M. Bittner, Deutschland, S. Perov, Russland

Middle atmosphere parameters are highly variable on short, medium, and long time scales. They are also highly variable on various spatial scales, and variance itself varies with latitude and altitude. Respective examples will be given for temperature, potential temperature, and mixing ratios of atmospheric trace gases measured by CRISTA. Structure and origin of variability will be discussed, as well as variation amplitudes and their influence on trend detection. As a special example mesopause temperature trends measured at three adjacent stations (OHP, Wuppertal, Moscow) will be compared. Trend differences will be discussed in terms of mesopause air mass boundaries.

GPS-BASIERTE LIMBSONDIERUNG IN DER STRATOSPHERE: ERSTE ERGEBNISSE VON CHAMP

C. Marquardt, J. Wickert, G. Beyerle, T. Schmidt, Ch. Reigber, Deutschland

Die Beobachtung der Atmosphäre mit Hilfe von Radiosignalen des Global Positioning System (GPS) ist eine neue und innovative Messmethode der Fernerkundung. Ein GPS-Empfänger an Bord eines niedrig fliegenden Satelliten wie des kürzlich gestarteten deutschen Satelliten CHAMP (Challenging Minisatellite Payload) beobachtet die Charakteristik der GPS-Signale, während ein in Okkultation stehender Satellit der GPS-Satellitenkonstellation hinter dem Horizont der Erde untergeht. In der Stratosphäre können aus diesen Messungen Temperatur- und Druckprofile sowie geopotentielle Höhen abgeleitet werden.

Dank der Limb-Geometrie besitzen die gemessenen Profile eine hohe vertikale Auflösung (etwa 1 km in der unteren Stratosphäre); mit der gegenwärtigen GPS-Infrastruktur liefert CHAMP ca. 200 Profile pro Tag. Studien zeigen außerdem, dass insbesondere in der Tropopausenregion und der unteren Stratosphäre hohe Messgenauigkeiten erzielt werden können. Damit stellen GPS basierte Radiookkultationsdaten für eine Vielzahl wissenschaftlicher Anwendungen in der mittleren Atmosphäre dar.

In diesem Beitrag stellen wir Validierungsergebnisse und Anwendung von GPS-Radiookkultationsdaten vor und berichten über erste Ergebnisse mit dem GPS-Experiment von CHAMP.

ENERGIEBILANZ UND TRENDS IN DER POLAREN MESOSPHERE

Franz-Josef Lübken, Deutschland

In der Mesosphäre gibt es seit einigen Jahren deutliche Hinweise darauf, dass sich die thermische Struktur in den letzten Jahrzehnten signifikant verändert hat. Man hat diesen Trend zunächst aus Messungen der Reflexionshöhe von Radiowellen abgeleitet, die seit fast 50 Jahren am IAP durchgeführt werden. Darüber hinaus beobachtet man seit etwa 40 Jahren einen Anstieg der Häufigkeit von sogenannten "leuchtenden Nachtwolken", einem optischen Phänomen, welches man in der Sommersaison seit mehr als 100 Jahren in einer Höhe von etwa 82 km beobachtet. Während man diese NLCs ("noctilucent clouds") mit dem bloßen Auge nur in mittleren Breiten sehen kann (weil nur hier im Sommer Dunkelheit auftritt), sind moderne aktive Laser-Verfahren seit einigen Jahren in der Lage, die Wolkenteilchen auch bei Tageslicht nachzuweisen und aus dem rückgestreuten Signal physikalische Parameter der Teilchen abzuleiten. NLCs bilden sich aufgrund der extrem niedrigen Temperaturen in der Mesosphäre: An der Mesopause werden mit ca. 130°K im Sommer die niedrigsten Werte der gesamten terrestrischen Atmosphäre erreicht, während die Temperaturen im Winter um bis zu 60-70°K höher sind. Dieser außergewöhnliche Jahresgang in der polaren Mesosphäre muss durch dynamische Prozesse gesteuert sein, da Strahlungsprozesse allein ein genau gegenläufiges Verhalten erwarten lassen würden. Vermutlich erzeugen dynamische Prozesse (Turbulenz) eine ageostrophische Windkomponente, wodurch vertikale Winde induziert werden, die zu einer adiabatischen Erwärmung bzw. Abkühlung führen. Turbulenz wird dadurch erzeugt, dass Schwerewellen, die in der Troposphäre erzeugt werden, sich bis in die Mesosphäre ausbreiten und dort aufgrund der zunehmenden Amplitude instabil werden. Einzelheiten dieses Prozesses, sowie der Beitrag anderer physikalischer und chemischer Prozesse zur Energiebilanz der Atmosphäre sind allerdings nicht verstanden. Im Vortrag wird der Stand der Wissenschaft zu diesem Thema vorgestellt und es werden neue Temperaturmessungen aus sehr hohen polaren Breiten präsentiert. Leuchtende Nachtwolken sind jedenfalls eng mit der thermischen Struktur der Mesopause verknüpft und stellen den sichtbaren Beweis für die außergewöhnlich niedrigen Temperaturen im Sommer dar.

Da der Strahlungstransfer im infraroten Wellenlängenbereich zu einer Abkühlung der Mesosphäre führt, hat man zunächst angenommen, dass die beobachtete NLC-Zunahme darauf zurückzuführen ist, dass der Anstieg von Treibhausgasen zu einer Temperaturabnahme führt, wodurch sich die Häufigkeit von Eisteilchen erhöht. Allerdings ist schon lange bekannt, dass noch andere physikalische Größen, nämlich Wasserdampf und Nukleationskeime, die Häufigkeit von NLCs beeinflussen. Bezüglich der thermischen Struktur der polaren Mesosphäre im Sommer gibt es aufgrund der schwierigen Beobachtungsverhältnisse leider nur sehr wenige Messungen, wobei der weitaus größte Teil der Daten aus den letzten 10-15 Jahren stammt. Überraschenderweise zeigt ein Vergleich dieser Messungen mit den allerersten Sondierungen aus den 60er Jahren, dass es in der polaren Mesosphäre praktisch keinen Temperaturtrend gibt. Der Effekt ist jedenfalls nicht annähernd so groß wie in mittleren Breiten, wo man im Höhenbereich von etwa 50 bis 70 km eine Temperaturabnahme von bis zu 0,5K/Jahr(!) beobachtet, was einer Abkühlung um bis zu 20 Grad seit dem Beginn der Trends in den bereits erwähnten Reflexionshöhen entspricht. Da die Temperaturen in der polaren Mesosphäre sich jedoch offensichtlich nicht geändert haben, bleibt die Frage, warum die NLCs an Häufigkeit zunehmen, weiter offen. Im Vortrag werden neuere Messungen und Modellrechnungen zu Temperaturtrends und zur Rolle der NLCs als Indikator für Trends in der oberen Atmosphäre vorgestellt.

DIE DYNAMISCHE HEIZUNG IN DER UNTEREN POLAREN STRATOSPHERE UND IHR EINFLUSS AUF DIE TROPOPAUSE

Günther Zängl, Deutschland

Die dynamischen Heizraten in der polaren Stratosphäre, die im Zusammenhang mit der stratosphärischen Meridionalzirkulation stehen, werden mit Hilfe eines Strahlungs-Konvektions-Modells näher untersucht. Im Unterschied zu früheren Arbeiten liegt dabei der Schwerpunkt des Interesses in der unteren Stratosphäre sowie im Einfluss der dynamischen Heizraten auf die polare Tropopause. Im Nordpolargebiet werden darüber hinaus nicht, wie bisher üblich, nur zonale Mittelwerte, sondern auch Abweichungen vom zonalen Mittel betrachtet.

Die Simulationen mit dem Strahlungs-Konvektions-Modell beziehen sich auf bestimmte Breitenkreisintervalle der beiden Polargebiete, wobei in der Arktis zusätzlich nach Längengraden unterschieden wird. Für jede Region wird ein kompletter Jahresgang berechnet. Die Bodentemperatur und die Stärke der Bodeninversion werden gemäss Radiosondendaten und ERA-Daten (Zeitraum 1979-93) vorgegeben. Für die konvektive Anpassung wird ein mittlerer Temperaturgradient der freien Troposphäre, der ebenfalls aus Beobachtungsdaten berechnet wurde, verwendet. In der Stratosphäre wird schließlich eine zeit- und höhenabhängige Heizrate vorgeschrieben, die die dynamische Heizung repräsentiert. Diese Heizraten werden so angepasst, dass der simulierte Jahresgang des Tropopausendruckes und der 100 hPa-Temperatur den Beobachtungen entspricht.

Die Ergebnisse zeigen, dass die dynamischen Heizraten im Sommer des Nordpolargebietes nahezu Null betragen, während sie im Winter im 100 hPa-Niveau zwischen 0,3 und 0,8 K/Tag liegen. Generell lässt sich dabei feststellen, dass die Heizraten polwärts zunehmen. Die höchsten Werte treten in den Regionen auf, die außerhalb des Polarwirbels liegen, also in Ostsibirien und Kanada. Im Bereich des Polarwirbels (Europa/Westsibirien) sind die Heizraten vor allem von November bis Januar deutlich niedriger, im Februar nehmen die zonalen Unterschiede allerdings ab. Letzteres kann als klimatologischer Effekt der großen Stratosphärenenerwärmungen angesehen werden. Im Südpolargebiet sind die dynamischen Heizraten im Winter deutlich niedriger als im Nordpolargebiet (ca. 0,2 K/Tag), was im Einklang mit der Tatsache steht, dass der antarktische Polarwirbel erheblich kälter als der arktische Polarwirbel ist. Bemerkenswert ist, dass in der Antarktis auch im Sommer positive Heizraten anzutreffen sind, die mit 0,1 bis 0,2 K/Tag klar außerhalb des Unsicherheitsbereiches liegen. Kontrollsimulationen ohne dynamische Heizung deuten darauf hin, dass der Jahresgang der polaren Tropopause insbesondere in der Arktis ohne Heizung vollkommen anders wäre.

**DER EINFLUSS DES 11-JÄHRIGEN SONNENFLECKENZYKLUS UND DER QBO
AUF DAS KLIMA DER STRATOSPHERE UND TROPOSPHERE: MODELL- STUDIEN
MIT DEM BERLINER "CLIMATE MIDDLE ATMOSPHERE MODEL (FUB CMAM)"**

Katja Weber, Ulrike Langematz, Karin Labitzke, Deutschland

Die Variabilität der Sonneneinstrahlung findet auf unterschiedlichen Zeitskalen statt. Am bekanntesten ist der 11-jährige Sonnenfleckenzyklus, bei dem die prozentualen Schwankungen der Einstrahlung zwischen Sonnenfleckenmaximum und Sonnenfleckenminimum über das gesamte Sonnenspektrum bei 0.1% liegen. In dem für die Ozonbildung wichtigen ultravioletten Bereich können diese Intensitätsschwankungen aber bis zu 8% betragen. Statistische Untersuchungen mit Beobachtungsdaten (Labitzke und van Loon, 1988-2000) liefern hohe Korrelationen zwischen der 11-jährig variierenden Sonneneinstrahlung und meteorologischen Parametern wie Temperatur und geopotentieller Höhe und legen damit eine direkte Beeinflussung der Erdatmosphäre durch die Sonne nahe. Die variierende Sonneneinstrahlung beeinflusst den Strahlungs- und Ozonhaushalt der mittleren Atmosphäre direkt und führt zu Temperaturunterschieden, welche wiederum zu Änderungen in der atmosphärischen Zirkulation führen können. Ein physikalischer Mechanismus für die Übertragung des Sonnensignals von der mittleren Atmosphäre in die unteren Atmosphärenschichten fehlt bislang und die Ergebnisse verschiedener Modellstudien (Haigh et al., 1999, Shindell et al. 1999) sind in Detailfragen immer noch kontrovers. Ein weiterer Faktor, welcher die Variabilität insbesondere der Stratosphäre signifikant beeinflusst, ist die fast zwei-jährige Schwingung des Windes in der tropischen Stratosphäre ("QBO = Quasi-Biennial Oscillation"), bei der sich West- und Ostwinde abwechseln. Je nachdem welche QBO-Phase und welche Phase der Sonne herrscht, beobachtet man unterschiedliche typische Zirkulationsmuster in der Stratosphäre und Troposphäre.

Es werden Ergebnisse von 20-jährigen Modellsimulationen mit dem Berliner allgemeinen Zirkulationsmodell der mittleren Atmosphäre (FUB CMAM) vorgestellt, die verantwortliche Mechanismen für die Übertragung des Sonnen- und QBO-Signales aufzeigen und die unterschiedlichen Auswirkungen auf das Klima der Atmosphäre erklären sollen. In den Modellsimulationen wurden Bedingungen für die geänderte spektrale solare Einstrahlung sowie für das Ozonfeld stellvertretend für das Sonnenfleckenmaximum bzw. Sonnenfleckenminimum vorgegeben. Diese Vorgaben entsprechen denen im internationalen Projekt GRIPS (GCM-Reality Intercomparison Project for SPARC) sowie denen im europäischen Projekt SOLICE (Solar Influences on Climate and the Environment) und ermöglichen einen Vergleich verschiedener Modelle. In einem weiteren Schritt wurden die Simulationen des 11-jährigen Sonnenfleckenzyklus um eine künstlich vorgegebene QBO-Westphase ergänzt, um sowohl den Einfluss der Sonne als auch den der QBO zu untersuchen. Ein Vergleich mit Beobachtungsdaten gewährleistet eine ständige Validierung der Modellergebnisse.

DIE EINFLUESSE VON OROGRAPHIE UND LAND-MEER-UNTERSCHIEDEN AUF DIE RESIDUELLE ZIRKULATION DER MESOSPHERE

Erich Becker, Deutschland

Die Hemisphären übergreifende residuelle Zirkulation der oberen Mesosphäre und die mit ihr einhergehenden substantiellen Abweichungen vom Strahlungsgleichgewicht sind durch das Brechen interner Schwerewellen bestimmt. Dieser Mechanismus hängt ursächlich von der Dynamik der Troposphäre ab. Zum einen, da hier die Schwerewellen angeregt werden; zum anderen beeinflussen orographisch und thermisch angeregte planetare Wellen den mittleren Wind in Stratosphäre und unterer Mesosphäre, und damit auch das Ausbreitungs- und Brechungsverhalten der Schwerewellen. Diesen Zusammenhang haben wir anhand von Sensitivitätsexperimenten mit einem vereinfachten globalen Zirkulationsmodell systematisch untersucht.

Das verwendete Modell beschreibt die mittlere Januar-Klimatologie bis etwa 100 km. Das Brechen interner Schwerewellen wird mithilfe der Lindzen-Theorie, erweitert durch eine axiomatisch konsistente Formulierung von Energiedeposition und turbulenter Reibungswärme, parametrisiert. Die idealisierten Darstellungen latenter Wärmequellen erlauben eine quantitative Abschätzung der klimatologischen Effekte von Orographie und thermischen Land-Meer-Unterschieden.

Die Untersuchungen zeigen, dass orographische und thermische Anregung planetarer Wellen sich in ihrer Wirkung auf die mittlere Atmosphäre gegenseitig potenzieren. Das heißt, bei kombinierter Anregung sind Verstärkung der stratosphärischen Massenzirkulation, Abschwächung des Polarwirbels und Erwärmung der polaren Stratosphäre sehr viel ausgeprägter als die jeweiligen Effekte bei nur orographischer oder nur thermischer Anregung planetarer Wellen.

Eine verstärkte meridionale Massenzirkulation in der Stratosphäre führt zu einem veränderten Ausbreitungs- und Brechungsverhalten der Schwerewellen, und zwar dahingehend, dass sich die Massenzirkulation im Bereich der oberen winterlichen Mesosphäre abschwächt. In Analogie zu stratosphärischen Erwärmungen ist damit eine Abkühlung der winterlichen Stratopause verbunden, die von derselben Größenordnung ist wie die Erwärmung darunter. Man beobachtet außerdem eine globale Erwärmung der oberen Mesosphäre, welche entscheidend durch die thermodynamischen Beiträge der Schwerewellen bestimmt ist.

NICHTMIGRIERENDE THERMISCHE GEZEITEN-KOMPONENTEN IN DER MITTLEREN ATMOSPHAERE UND IHRE KOPPLUNG MIT DER TROPOSPAERE

Norbert Grieger, Gerhard Schmitz, Deutschland

Zur Modellierung der thermischen Gezeiten in der Atmosphäre wurde das allgemeine Zirkulationsmodell DNM-RAS GCM (Inst. für numerische Mathematik an der Russischen Akademie der Wissenschaften, Moskau) benutzt. Dieses Modell beschreibt den klimatologischen Zustand von der Troposphäre, Stratosphäre bis zur Mesosphäre und beinhaltet die troposphärische und stratosphärische Anregung der Gezeiten infolge Absorption solarer Strahlung und durch Freisetzung von latenter Wärme. Die Impulsdeposition infolge Schwerewellenbrechung in der mittleren Atmosphäre wird durch die Parametrisierung nach Hines berücksichtigt.

Es wird ein Vergleich der ganztägigen und halbtägigen Modellgezeiten in der Windkomponente für Januar und Juli Bedingungen an ausgewählten mesosphärischen Messstationen (Andenes, Juliusruh, Saskatoon, Yamagawa und Hawaii) in unterschiedlichen geographischen Breiten gegeben. Die vorgenommene Separation der Modellgezeiten in migrierende (sonnen-synchron) und nichtmigrierende (nicht sonnen-synchron fortschreitende) Komponenten zeigt, dass der nichtmigrierende Anteil der ganztägigen Komponente in tiefen geographischen Breiten einen großen Anteil an der gesamten Gezeit darstellt.

Im weiteren wird die Variabilität der Gezeiten durch die aus der nichtmigrierenden Komponente im einzelnen analysiert. Die nichtmigrierende Komponente ist stark längenabhängig. Es kann gezeigt werden, dass eine wesentliche Quelle der ganztägigen Komponente die Freisetzung latenter Wärme in tropischen Breiten darstellt, insbesondere über den Kontinenten. Diese troposphärischen Quellen regen Trägheits-Schwerewellen an, die sich in Richtung Osten (Westen) mit entsprechender ostwärts (westwärts) geneigter vertikaler Phase horizontal und vertikal ausbreiten. Diese vertikale Kopplung von der Troposphäre über die mittlere Atmosphäre bis in die untere Thermosphäre wird im einzelnen diskutiert für Januar, Juli und Oktober Bedingungen.

**TRANSIENTE WELLENZÜGE IN DER TROPOSPHÄRE
BEI RUHIGER UND GESTÖRTER STRATOSPHÄRE**

H. Heinrich, U. Harlander, Deutschland

Die Anregung langer transienter Wellen in der Stratosphäre der Südhemisphäre durch synoptische Störungen der Troposphäre wurde untersucht. Die transienten Eddies der Troposphäre organisieren sich in der Regel als Wellenzüge und lassen sich als baroklin instabile Normalmoden verstehen. Ergebnisse von Untersuchungen lassen vermuten, dass die Anregung langer Wellen in der Stratosphäre der Südhemisphäre von der Regelmäßigkeit dieser Wellenzüge abhängt. Erst durch unregelmäßige Anordnung der einzelnen Eddies im Wellenzug ist eine indirekte Anregung langer Wellen in der Stratosphäre über Wechselwirkungen einzelner Moden möglich.

EIN MÖGLICHER EINFLUSS VON ENSO AUF DIE ZIRKULATION IM OBEREN MESOPAUSENBEREICH MITTLERER BREITEN

Christoph Jacobi, Dierk Kürschner, Deutschland

Kombinierte tägliche Messungen des Windes im Höhenbereich um 95 km auf 3 Messstrecken werden seit 1979 kontinuierlich am Observatorium Collm der Universität Leipzig (52°N, 15°E) durchgeführt. Die inzwischen vorliegende Zeitreihe erlaubt damit die Analyse von Variationen des Windes im Zeitbereich von Tagen bis zu Dekaden. Insbesondere wurden ein langfristiger Trend, ein Einfluss des 11-jährigen Sonnenfleckenzyklus und ein Einfluss der äquatorialen stratosphärischen QBO auf die Zirkulation im Mesopausenbereich festgestellt.

In der vorliegenden Untersuchung wurden Monatsmittelwerte des zonalen Windes hinsichtlich eines möglichen Einflusses von El-Nino/Southern Oscillation ENSO untersucht. Es zeigt sich, dass im Winter der mittlere zonale Westwind positiv mit dem SO-Index korreliert ist. Dies stimmt qualitativ mit den Verhältnissen in der Stratosphäre überein, in welcher bei "Cold Events", also bei positivem SO-Index, ein besonders ausgeprägter Polarwirbel beobachtet wurde, und zeigt, dass der Einfluss von ENSO bis in den Bereich der unteren Thermosphäre reicht.

Im Sommer findet sich jedoch ein negativer Zusammenhang zwischen hochatmosphärischem zonalen Westwind und SO-Index. Eine mögliche Erklärung hierfür ist, dass bei positivem SO-Index eine verstärkte Ausbreitung von sich westwärts ausbreitenden planetaren Wellen in der Stratosphäre/Mesosphäre stattfindet, die in der hohen Atmosphäre durch Welle-Grundstrom-Wechselwirkung den Westwind abbremsen. Wegen des Einflusses der äquatorialen QBO auf die Ausbreitung planetarer Wellen muss eine experimentelle Untersuchung hierzu jedoch für QBO West- und Ostphase getrennt durchgeführt werden, so dass sich die Anzahl der verfügbaren Datensätze reduziert. Daher müssen die Ergebnisse für die Sommerverhältnisse noch als vorläufig angesehen werden.

AEROLOGISCHE WASSERDAMPFPROFILE MITTELS TAUPUNKTSPIEGEL-HYGROMETER

P. Jeannot, P. Ruppert, B. Hoegger, G. Levrat, Schweiz

Wasserdampf ist das wichtigste Treibhausgas in der ganzen Troposphäre und seine dreidimensionale Verteilung spielt eine entscheidende Rolle im Wettergeschehen. Sein Volumenmischungsverhältnis nimmt um drei Größenordnungen zwischen Boden und Tropopausenhöhe ab, was mit der starken Temperaturabnahme verbunden ist.

Die Wasserdampfmessungen vom weltweiten aerologischen Messnetz weisen systematische Fehler auf, namentlich in der oberen Troposphäre. Dagegen können Taupunktspiegel-Hygrometer, welche in der atmosphärischen Forschung seit längerer Zeit eingesetzt werden, den Frostpunkt auch bei sehr tiefen Temperaturen mit guter Genauigkeit messen. Solche Sensoren sollen zukünftig auch als Referenzhygrometer an internationale Vergleiche von aerologischen Sonden in Betracht gezogen werden.

Das von der Firma Meteolabor AG für Radiosonden entwickelte Taupunktspiegel-Hygrometer Snow White wird seit mehr als einem Jahr auch an der aerologischen Station von Payerne erprobt. Dafür werden regelmäßig zwei Sonden unter dem gleichen Ballon aufgehängt: eine mit dem VIZ Hygristor, die andere mit dem neuen Spiegelhygrometer. Es werden noch Ozonsonden eingesetzt. Die Zielsetzungen sind:

die Tauglichkeit des Taupunktspiegel-Hygrometers in der oberen Troposphäre bzw. in der unteren Stratosphäre zu prüfen,

die systematischen Fehler vom VIZ Hygristor zu untersuchen,

einen Satz von Wasserdampfprofilen zu gewinnen und die Verknüpfungen mit den gleichzeitig gemessenen Ozonprofilen zu erforschen.

Resultate in Zusammenhang mit den zwei ersten Zielsetzungen werden vorgestellt, insbesondere die Tauglichkeit dieses Taupunktspiegel-Hygrometers in Wolken-Schichten und im Tropopausenbereich. Da keine simultanen Referenzmessungen vorliegen, werden Erkenntnisse aus früheren stratosphärischen Experimenten herangezogen. Anhand von Beispielen wird gezeigt wie dieses Taupunktspiegel-Hygrometer die Wasserdampfschichtung in der Troposphäre eindeutig besser als der VIZ Hygristor zu messen in der Lage ist.

VARIABILITÄT UND TRENDS METEOROLOGISCHER PARAMETER IN DER UNTEREN STRATOSPHERE ÜBER DER ANTARKTISSTATION NEUMAYER

Gert König-Langlo, Deutschland

Seit 1983 werden an der deutschen Antarktisforschungsstation Neumayer (70°39'S, 8°15'W) täglich Radiosondenaufstiege durchgeführt. Die Aufstiege liefern Profile der Lufttemperatur, des Windvektors sowie der Ozonkonzentration bis in eine Höhe von 35 Kilometer.

Neumayer befindet sich in der Regel im Gebiet innerhalb eines ausgeprägten zirkumpolaren stratosphärischen Wirbels. Dieses Gebiet kühlt im antarktischen Winter extrem aus. Temperaturen unterhalb von -90°C sind keine Seltenheit. Im antarktischen Frühling wird das stratosphärische Ozon innerhalb des Wirbels größtenteils zerstört.

Die meist zonale Wirbelstruktur verhindert die Advektion warmer und ozonreicher Luft aus niederen Breiten. Dieses wiederum führt zu einer Verstärkung der meridionalen Temperaturgradienten und zu einer weiteren Intensivierung des Wirbels. Im September/Okttober werden entsprechend starke stratosphärische Westwinde (100 m/s und mehr) über der Neumayerstation gemessen. Der Zusammenbruch des Wirbels erfolgt im November/Dezember.

Die Messreihe der Neumayer-Station umfasst nahezu zwei komplette Dekaden. Sie wird ergänzt durch Messungen der benachbarte Georg-Forster-Station (70°46'S, 11°41'O). Mit Hilfe dieser Zeitserien wird die Auswirkung der Rückkopplungen zwischen dem stratosphärischen Wirbel sowie der Stratosphärentemperatur und dem Ozongehalt über dem Rand der Antarktis exemplarisch quantifiziert.

Weiterhin wird anhand der Zeitserien eine deutliche Abnahme der Stratosphärentemperaturen innerhalb der letzten beiden Dekaden vorgestellt. Diese Temperaturabnahme lässt sich nur teilweise mit der gleichzeitigen Abnahme der stratosphärischen Ozonkonzentrationen erklären.

KLIMATOLOGIE VON STREAMERN IN DER UNTEREN STRATOSPHERE

Irmgard Langbein, Wolfgang Kouker, Thomas Reddmann, Roland Ruhnke,
Deutschland

Die Beobachtungen von Spurengasverteilungen und der Ausbreitung von Aerosolwolken in der unteren Stratosphäre zeigen deutliche Gradienten im subtropischen Bereich und einen relativ isolierten Bereich von aufsteigenden Luftmassen in der tropischen Stratosphäre. Dies ist ein Hinweis auf die Existenz einer schwachdurchlässigen Barriere, der subtropischen Transportbarriere, die den Transport von den Tropen in die mittleren Breiten einschränkt und die Grenze zu der sogenannten "surf zone" in mittleren Breiten bildet. Die Stärke dieser Barriere und damit der Transport von Spurengasen durch diese Barriere hindurch wird vom Auftreten brechender planetarer Wellen beeinflusst. Langgestreckte, wenige Tage existierende Strukturen, die sogenannten Streamer, spielen eine wichtige Rolle beim Transport der Luftmassen aus den Tropen in mittlere Breiten und scheinen auch die Stabilität des Polarwirbels zu beeinflussen.

Solche Streamer, die wesentlich die Mischungsverhältnisse von Spurengasen in mittleren Breiten mitbestimmen, können anhand von Gasen mit deutlichem Gradienten in Breitenrichtung identifiziert werden, wie z.B. N_2O und HNO_3 . Der horizontale Transport von Luftmassen in der unteren Stratosphäre ist mit dem Auftreten dieser Streamer verbunden. Zur Untersuchung des Zusammenhangs werden Simulationen mit dem mechanistischen Model KASIMA für den Zeitraum 1990 bis 1999 durchgeführt, wobei N_2O als inerter Tracer unter Berücksichtigung der Photolyserate transportiert und zusammen mit der Ertelschen Potentiellen Vorticity ausgewertet wird. Verschiedene Kriterien zur Definition von Streamern werden auf beide Felder angewendet und es wird gezählt, wo und wann diese Streamer auftreten. Aus diesen Daten wird eine Klimatologie, eine Häufigkeit in Zeit und Raum, erstellt, die unter Einbeziehung der Aktivität von planetaren Wellen in diesem Vortrag diskutiert werden soll.

EINFLUSS DES WINTERLICHEN STRATOSPHERISCHEN POLARWIRBELS AUF DIE ZONALE SYMMETRIE DES WINDFELDES IN DER OBEREN MESOSPHERE UND UNTEREN THERMOSPHERE SIMULIERT MIT DEM COMMA-MODELL DER MITTLEREN ATMOSPHERE

M. Lange, Ch. Jacobi, Deutschland

Ergebnisse zu numerischen Modellstudien von Prozessen in der mittleren Atmosphäre werden häufig in zonal gemittelten Größen dargestellt. Langzeitmessungen des Windfeldes in der Mesopausenregion (~92 km) an verschiedenen Stationen in den mittleren Breiten der Nordhemisphäre zeigen jedoch neben zeitlich periodischen längenabhängigen Variationen durch solare Gezeiten und planetare Wellen auch systematische quasistationäre zonale Variationen des (zeitlich) gemittelten Zonal- und Meridionalwindes und bei den Amplituden und Phasen der halbtägigen solaren Gezeiten. Ein prominentes Muster, das quasistationäre zonale Variationen in der unteren mittleren Atmosphäre anregt, stellt der winterliche stratosphärische Polarwirbel dar. Um den möglichen Einfluss des Polarwirbels auf das Windfeld in der oberen Mesosphäre und unteren Thermosphäre zu untersuchen, werden im COMMA-Modell der mittleren Atmosphäre Geopotentialstörungen der zonalen Wellenzahl 1 und 2 am Unterrand angeregt. Diese sind so gewählt, dass sie die aus Langzeitmessungen bekannten Variationen in der Stratosphäre approximieren und es wird die Ausbreitung der Wellen in die obere Atmosphäre simuliert. Die Modellergebnisse zeigen eine gute Übereinstimmung mit den zonalen Variationen des mittleren Zonalwindes, die im Breitenbereich 52°N bis 56°N beobachtet werden und in der Größenordnung von 10-20 m/s liegen. Auch die Amplituden und Phasen der halbtägigen Gezeiten zeigen qualitative und quantitative Übereinstimmungen der großskaligen Struktur der modellierten Störungen mit den Beobachtungen, es werden jedoch Differenzen in den kleinskaligen Strukturen beobachtet. Dies entspricht den großskaligen Störungsanregungen im Modell, die kleinskaligen längenabhängigen Variationen in den Beobachtungen sind auf regionale Unterschiede zurückzuführen, die z.B. durch unterschiedliche Schwerewellenaktivitäten entstehen und im Modell nicht berücksichtigt werden. Insgesamt zeigt die Simulation, dass die beobachteten zonalen Variationen der Windparameter im Mesopausenbereich in den mittleren Breiten der Nordhemisphäre durch den winterlichen stratosphärischen Polarwirbel angeregt werden können. Es werden Modellergebnisse und Vergleiche mit den Messungen vorgestellt.

KLIMA-CHEMIE-WECHSELWIRKUNGEN UND IHRE AUSWIRKUNGEN AUF DIE STRATOSPHERISCHE OZONSCHICHT

Christina Schnadt, Deutschland

Die zukünftigen Auswirkungen einer Klimaänderung sowie des Rückgangs des stratosphärischen Chlorgehalts auf die stratosphärische Ozonschicht wird auf der Grundlage von Langzeitsimulationen mit dem interaktiv gekoppelten globalen Klima-Chemie-Modell ECHAM4.L39(DLR)/CHEM abgeschätzt. Hierzu wurde neben numerischen Experimenten, die den Klimazustand der jüngeren Vergangenheit ("1990") repräsentieren, ein Zukunftsszenario ("2015") gerechnet. Dieses zeichnet sich durch erhöhte Treibhausgaskonzentrationen und einen gegenüber "1990" leicht reduzierten stratosphärischen Chlorgehalt aus. Die Modifikationen der Randbedingungen haben erhebliche Auswirkungen für die Entwicklung dynamischer und chemischer Größen: Änderungen der globalen Temperatur, des atmosphärischen Wasserdampfgehalts, der Konzentrationen ozonrelevanter Radikale und der Anregung planetarer Wellen in der Troposphäre. Die Summe dieser Änderungen bestimmt die Entwicklung der stratosphärischen Ozonschicht.

OZONTRENDS IN EUROPA: CHEMISCHE UND DYNAMISCHE EINFLÜSSE

Johannes Staehelin, Schweiz

Die längste Gesamtozonreihe, die 1926 in Arosa in den schweizerischen Alpen begonnen wurde, zeigt seit 1970 eine Abnahme, die meist ausschließlich mit der Zunahme der Konzentrationen der ozonerstörenden Substanzen in der Stratosphäre erklärt wird. Bereits in einer früheren Veröffentlichung wurde von Kollegen vom Hohenpeissenberg gezeigt, dass die Zunahme der Tropopausenhöhe einen erheblichen Teil der stratosphärischen Ozonabnahme in Mitteleuropa erklärt. Wir haben in einem multiplen Regressionsmodell die Veränderungen in der hemisphärischen Dynamik berücksichtigt, womit etwa ein Drittel der winterlichen Ozonabnahme seit 1970 durch Veränderungen im Klima erklärt werden kann. Im Modell wurde zusätzlich der 11-jährige Sonnenzyklus, die QBO (Quasi Biennial Oscillation) und die stratosphärischen Aerosole berücksichtigt. Es ergaben sich ähnliche Resultate bei der Beschreibung der Veränderung der Dynamik durch die Nordatlantische oder die Arktische Oszillation oder durch den Tropopausendruck. Bei der Ozonreihe von Reykjavik (Island) ergeben sich bei Berücksichtigung der Dynamik signifikante Abnahmetrends.

Die Ozontrends auf verschiedenen Höhen wurden mit der Ozon-Ballonsondierungsreihe von Payerne, die im Jahre 1969 begonnen wurde, bestimmt. Die Trends in dem untersten Teil der Stratosphäre können im statistischen Modell mit der Veränderung des Tropopausendruckes erklärt werden. Diskutiert wird auch die Korrelation, die zwischen der Nordatlantischen Oszillation und dem Ozon zwischen 25 und 30 km für die Herbstmonate gefunden wurde.

TOMOGRAPHIE IN DER IONOSPHERE UNTER EINBINDUNG VON GPS OKKULTATIONSDATEN

C. Stolle, S. Schlüter, S. Heise, N. Jakowski, C. Jacobi, A. Raabe, Deutschland

Wenn sich die von GPS-Satelliten gesendete Radiowellen in der Atmosphäre ausbreiten, unterliegen sie verschiedenen Störungen, die auf die atmosphärische Zusammensetzung zurückzuführen sind. Beim durchqueren der Ionosphäre erfahren sie Veränderungen in Amplitude, Polarisation sowie Phasen- und Gruppenlaufzeit. Da die Ionosphäre ein dispersives Medium ist, können GPS (Global Positioning Systeme) Zweifrequenzmessungen genutzt werden, um den entlang des Signalweges integrierte Elektronengehalt, TEC (Total Electron Content), zu bestimmen und die Messungen zur tomographischen Rekonstruktion der Elektronendichte zu verwenden.

Tomographie zeichnet sich durch die Inversion der tomographischen Gleichung aus. Da im Falle der Ionosphären-Tomographie die Strahlenverteilung nicht so optimal ist, wie wir es z.B. in medizinischen Apparaturen vorfinden, werden anstelle der klassischen Transformationsmethoden iterative algebraische Verfahren verwendet, die durch Modelle gestützt werden können.

Okkultationsdaten, so wie sie durch LEO-Satelliten (Low Earth Orbiting satellites) wie GPS-Met und CHAMP bereitstehen, werden dazu benutzt, um bestehende tomographische Arbeiten mit Bodenstationsdaten aus dem Netz des Internationale GPS Service (IGS) weiter zu entwickeln. Durch diesen Schritt erhoffen wir uns vor allem eine Erweiterung der vertikalen Auflösung der Ergebnisse.

Es ist notwendig sich mit der Ionosphäre als eine wichtige Schicht zwischen der Atmosphäre und dem Weltraum zu beschäftigen. In diesen Höhen zwischen circa 80 und 1000 km, was den Regionen der Mesosphäre und unteren Thermosphäre entspricht, treten dynamische Prozesse des Neutralgases in Verbindung mit elektrischen und magnetischen Effekten des dort vorhandenen Plasmas auf. Die Ergebnisse der tomographischen Arbeiten können nützlich für die Untersuchung von Ionosphärischen Störungen und von Signalen atmosphärischer Wellen sein.

In unserm meteorologischen Interesse steht die Kopplung zwischen der unteren und der oberen Atmosphäre. Im Besonderen haben wir Aussichten auf Untersuchungen der vertikalen Ausbreitung von atmosphärischen Schwerewellen und Rossbywellen, die in der Troposphäre und in der Stratosphäre angeregt werden.

REDUZIERTE MODELLE DER ATMOSPHÄRENDYNAMIK UND IHRE ANWENDUNGEN

Ulrich Achatz, Deutschland

Reduzierte Modelle versuchen in möglichst komprimierter Form, unter Zuhilfenahme nur der wesentlichen Freiheitsgrade der Atmosphäre, Klima und Wetter zu simulieren. Sie lassen sich durch drei wesentliche Komponenten charakterisieren: Sie verwenden einen möglichst optimalen Satz von Basisvektoren (Zirkulationsmuster), der den Attraktor näherungsweise beschreiben kann, aber unwahrscheinliche Zustände nicht berücksichtigt. Sowohl PIPs (Hasselmann, 1988) als auch EOFs sind hierfür gute Kandidaten. Des Weiteren benötigt man einen dynamischen Kern, der meist aus ersten Prinzipien abgeleitet wird, gelegentlich aber auch mittels statistischer Verfahren direkt aus Datensätzen extrahiert wird. Unerlässlicher Bestandteil ist schliesslich auch eine Parametrisierung des Einflusses kleiner Skalen und nicht explizit aufgelöster Prozesse. Interesse an reduzierten Modellen besteht aus verschiedenen Gründen. Zunächst kann man die erfolgreiche Reduktion der Dynamik der Atmosphäre auf ihre wesentlichen Freiheitsgrade als Wert an sich betrachten, da sie ein natürliches, mehr dynamisch orientiertes, Gegenstück zu den bekannten, im wesentlichen statistischen, Dimensionsanalysen des Klimaattraktors bildet. Ebenso kann man hoffen, dass eine kondensierte Beschreibung von Wetter und Klima neue Einblicke in die sie bestimmenden Mechanismen liefern kann. Schliesslich könnten reduzierte Modelle auch als Bestandteil von Klimamodellen mittlerer Komplexität interessant sein, die nahezu so realistisch wie allgemeine Zirkulationsmodelle sind, aber wesentlich grössere Integrationsgeschwindigkeiten haben, und damit ein nützliches Werkzeug bei der Analyse der Niedrigfrequenzvariabilität des Klimas sein könnten. In dem Vortrag sollen die wesentlichen Methoden bei der Entwicklung reduzierter Modelle skizziert werden. In einem zweiten Teil soll diskutiert werden, wie gut die Konzentration auf wenige Freiheitsgrade mit den Ansätzen gelingt, sowohl in Bezug auf die Vorhersage von Wetter als auch die Klimasimulation betreffend. Ein interessantes Resultat ist, dass der Jahrgang der mittleren Zustände und der saisonal abhängigen transienten Flüsse durch reduzierte Modelle simuliert werden kann, die nicht mehr als 500, zuweilen aber sogar nur 30 Freiheitsgrade benötigen. Die Möglichkeit der Anwendung reduzierter Modelle bei der Untersuchung grundlegender Mechanismen des Klimasystems (Grosswetterlagen, Klimawandel) bildet einen letzten Erörterungspunkt.

NEUERE ENTWICKLUNGEN IN DER NUMERISCHEN MODELLIERUNG

Reinhold Hess, Deutschland

Die steigenden Rechenleistungen derzeitiger und zukünftiger Parallelrechner lassen in den nächsten Jahren Gitterauflösungen von 20-30 km bei globalen und unter 3 km bei regionalen Modellen erwarten. Der Deutsche Wetterdienst entwickelte in den vergangenen Jahren zwei neue numerische Wettervorhersagemodelle, die speziell für hohe Auflösungen und für Parallelrechner konzipiert wurden:

Das globale Modell GME basiert auf Gitterpunkten und bietet damit Vorhersagen mit hoher Lokalität im Vergleich zum bisher verwendeten Spektralverfahren, was den berechneten Vorhersagen, aber auch der Effizienz auf Hochleistungsrechnern zugute kommt. Die Verteilung der Gitterpunkte über die Erdkugel baut auf einem Ikosaeder auf, um eine möglichst gleichmäßige Anordnung zu erreichen. Die Zerlegung des Gitters auf die vielen Prozessoren eines Parallelrechners berücksichtigt die möglichst gleichmäßige Verteilung der Rechenlast.

Das regionale Modell LM ermöglicht Berechnungen auch nicht-hydrostatisch verteilter Atmosphären, wie sie in Skalen von unter 10 km vorkommen. Höhere Auflösungen mit schärferen Stoffverteilungen bedürfen verbesserte Advektionsverfahren, um konservative und formhaltende Bedingungen zu erfüllen, wie sie für eine wachsende Anzahl von Vorhersagefeldern wesentlich sind (z.B. für Wolkenwasser, Ozon).

FORMULIERUNG DER MASSENILANZ DER FEUCHTEN ATMOSPHERE FÜR VERSCHIEDENE REFERENZGESCHWINDIGKEITEN

Ulrike Wacker, Deutschland

Die Atmosphäre ist ein materiell offenes System, denn durch die untere Berandung treten Niederschlags- und Wasserdampfllüsse. Dagegen kann die Masse trockener Luft der gesamten Atmosphäre als Erhaltungsgröße angesehen werden, vorausgesetzt man lässt Zufuhr von CO₂, Vulkanausbrüche etc. außer acht. Dann verschwindet am unteren Atmosphärenrand der Massenfluss von trockener Luft an jedem Ort, nicht aber die Massenflüsse von Wasserdampf und Niederschlag und auch nicht unbedingt deren Summe. Dieser lokal unausgeglichene Massentransport wird - abgesehen von Untersuchungen zum Feuchtehaushalt - üblicherweise missachtet.

Zur Formulierung der Massenbilanz ist eine Referenzgeschwindigkeit zu spezifizieren; gebräuchlich sind für das Mehrkomponentensystem Luft die Schwerpunktgeschwindigkeit des Gemischs trockene Luft + Wasserdampf + Kondensat, die Schwerpunktgeschwindigkeit des Gasgemischs oder die Geschwindigkeit von trockener Luft allein. In dem Beitrag werden die Kontinuitätsgleichung und die untere Randbedingung für die Vertikalgeschwindigkeit jeweils für diese Referenzgeschwindigkeiten und unter Beachtung des Netto-Massentransfers formuliert. Obwohl die resultierenden Gleichungen denselben physikalischen Sachverhalt beschreiben, unterscheiden sie sich hinsichtlich ihrer Form. Darüber hinaus wird gezeigt, dass am unteren ebenen Rand die hierzu senkrechte Komponente der Referenzgeschwindigkeit durchaus von Null verschieden sein kann.

DAS ENERGIE-WIRBEL-KONZEPT DER DYNAMIK DER ATMOSPHÄRE

Peter Névir, Deutschland

In einer Reihe von Arbeiten zeigte Lorenz (1955, 1978) die Bedeutung des Energiekreislaufes für die allgemeine atmosphärische Zirkulation. Diese energetische Sicht ist nun eine Standardmethode für das Verständnis der atmosphärischen Prozesse. Eine andere Möglichkeit, die Grundlage der atmosphärischen Prozesse zu erfassen, verbindet sich mit dem Konzept der Wirbeldynamik unter besonderer Berücksichtigung der Ertelschen potentiellen Vorticity (Ertel 1942). Dieses "Denken mit Hilfe der potentiellen Vorticity" (Hoskins et al. 1985) hat sich vor allem als diagnostisches Konzept in der großräumigen Dynamik bewährt.

In dem Vortrag wird eine neue Energie-Wirbel-Theorie vorgestellt, die diese beiden fundamentalen Betrachtungen vereinigt (Névir 1998). Die Energie-Wirbel-Theorie ist eine Verallgemeinerung der Hamiltonschen Theorie der Mechanik für hydrodynamische Systeme wie sie Atmosphäre und Ozean darstellen. In der neuen Darstellung der Grundgleichungen der atmosphärischen Dynamik geht die Energieerhaltung auf der gleichen fundamentalen Ebene wie die Wirbelerhaltung ein. Damit wird die einseitige Energie-Sicht der Hamiltonschen Theorie überwunden, was in einer wirbelbestimmten Atmosphäre (Kuhlbrodt und Névir 2000) wesentlich praxisbezogener ist.

Konkret wird gezeigt, daß die nichtlinearen Advektionen physikalisch durch eine Kopplung der Energieerhaltung mit den verschiedenen Wirbelerhaltungsgrößen erklärt werden können. Im stationären Fall ergibt sich eine funktionale Abhängigkeit zwischen der Gesamtenergie und der vom Modell abhängigen Wirbelerhaltungsgröße. Dies führt am Beispiel der primitiven Gleichungen zur allgemeinsten nichtlinearen Winddarstellung, die als linearen Spezialfall den geostrophischen Wind enthält. Im Rahmen einer ersten Anwendungen dieser nichtlinearen Winddarstellung wird ein diagnostisches Kriterium vorgestellt, welches feldmäßig an jedem Ort eine Trennung der nichtlinearen Dynamik von den diabatischen Prozessen ermöglicht.

Literatur:

Ertel, H., 1942: Ein neuer hydrodynamischer Wirbelsatz. Meteor. Z. 59, 271-281.

Hoskins, B., McIntyre, M. und A. Robertson, 1985: On the use and significance of isentropic potential-vorticity maps. Quart. J. Roy. Met. Soc. 111, 877-946.

Kuhlbrodt, T. und P. Névir, 2000: Low order point vortex models of atmospheric blocking. Meteorol. Atmos. Phys. 73, 127-138.

Lorenz, E., 1955: Available potential energy and the maintenance of the general circulation. Tellus, 7, 157-167.

Lorenz, E., 1978: Available energy and the maintenance of of a moist circulation. Tellus, 30, 14-31.

Névir, P., 1998: Die Nambu-Felddarstellung der Hydro-Thermodynamik und ihre Bedeutung für die dynamische Meteorologie. Habilitationsschrift. Freie Universität Berlin, 317p.

DIAGNOSE DES EINFLUSSES VON STRATOSPHERISCHEM ROSSBYWELLENBRECHEN IM RAHMEN EINES LINEAREN MODELLS

V. Wirth, Ch. Hauck, Deutschland

In der Vergangenheit hat es sich herausgestellt, daß lineare, quasigeostrophische Theorie erfolgreich die vertikale und meridionale Ausbreitung stationärer planetarer Wellen in der Stratosphäre beschreiben kann. Da in solchen Modellen die Wellenlösung nicht sehr stark von der verwendeten Wellendämpfung abhängt, wurde letztere meist als Relaxation mit einem einfachen Dämpfungskoeffizienten implementiert. Ist man jedoch an der Dämpfung selbst interessiert, so ist dieses Vorgehen wenig realistisch, da es die lokal erhöhte Dissipation auf Grund von stratosphärischem Wellenbrechen nicht mit berücksichtigt.

In der vorliegenden Studie wird eine Parameterisierung für Rossbywellenbrechen (Garcia, 1991) verwendet, um eine verbesserte Darstellung des Wellenbrechens in der Stratosphäre zu erreichen. Dadurch wird zwar die Wellengleichung nicht linear, das Problem aber bleibt linear in dem Sinne, als sowohl der Grundzustand als auch die Wellenanregung im Tropopausenniveau konstant gehalten werden. Man berechnet die Divergenz des Eliassen-Palm-Flusses und die Residuumszirkulation im stationären Grenzfall, um den Einfluß der Wellen auf den Grundstrom zu diagnostizieren. Beide Größen hängen empfindlich und auf komplexe Art und Weise vom vorgegebenen Grundzustand ab. Das Modell wird auf verschiedene Grundzustände angewendet, welche die unterschiedlichen Phasen einer idealisierten QBO repräsentieren. Die Abhängigkeit des Wellenantriebs von der Phase der QBO ist mit den Ergebnissen früherer Arbeiten konsistent. Das vorliegende Modell erlaubt es, die Unterschiede in der Grundstrom-Welle-Wechselwirkung eindeutig bestimmten Unterschieden im Grundstrom zuzuordnen.

BEDEUTUNG UND MÖGLICHKEITEN DER SKALENTRENNUNG ATMOSPHERISCHER BEWEGUNGEN

Andreas Hauschild, Deutschland

Die Zahl der anregbaren Freiheitsgrade der Navier-Stokes'schen Gleichungen ist so unvorstellbar hoch (bis zu 10^{19}), daß eine Lösung der entsprechenden atmosphärischen Bewegungsgleichungen eine Reduktion der theoretischen zulässigen auf die tatsächlich anregbaren Freiheitsgrade voraussetzt. Die überwiegende Zahl dieser Freiheitsgrade haftet den kurzen Raumskalen an. Der Zwang zur Reduktion nimmt mit der Länge der betrachteten Zeiträume zu, da immer mehr als statisch vorausgesetzte Ränder und Kräfte selbst dynamisch behandelt werden müssen.

Da die quadratischen Transportterme der hydrodynamischen Gleichungen alle Skalen koppeln, ist eine rein mathematische Reduktion der Zahl der Freiheitsgrade auf eine rechentechnisch bewältigbare in vielerlei Hinsicht fehlerträchtig. Ein möglicher Weg zur physikalisch begründeten Reduktion der Zahl der Freiheitsgrade ist die konsequente Ausnutzung der physikalischen Gleichgewichte und der zugehörigen Lücken im Spektrum der dynamischen Variablen. Lücken in den Raum- und den Zeitspektren kennzeichnen raumzeitliche Skalenbereiche, in denen physikalische Gleichgewichte die Kopplung zwischen den großen und den kleinen Skalen verhindern. Die Skalenbereiche zwischen den Lücken sind dann im Allgemeinen durch eine diesen Skalen typische Bewegungsdynamik gekennzeichnet. Formal gelingt es im Prinzip, durch Anwendung einer Mittelung über den Gleichgewichtsbereich, die Bewegungsgleichung für die jeweils größere Skala aus der jeweils kleineren Skala abzuleiten. Die physikalischen Unterschiede zwischen den Zuständen und das Ausmaß der Reduktion der Freiheitsgrade sind umso größer je breiter und je tiefer die spektrale Lücke zwischen den Skalenbereichen ist, d.h. je ausgeprägter das dazwischen liegende Gleichgewicht ist. Das ausgeprägteste Gleichgewicht ist das thermodynamische Gleichgewicht. Die Anwendung des thermodynamischen Mittels auf die Newton'schen Bewegungsgleichungen führt mithilfe weiterer gut begründbarer Annahmen auf die Navier-Stokes'schen Bewegungsgleichungen, die für die kleinräumige Turbulenz gelten. Die ersten Erfolge in der Wettervorhersage konnten auf der Grundlage der gefilterten Navier-Stokes'schen Gleichungen erzielt werden. Bei der Filterung konnten das geostrophische und das hydrostatische Gleichgewicht ausgenutzt werden. Die dazugehörige spektrale Lücke bei rund 15 min. und 1 km ist um mehrere Größenordnungen kleiner und weniger tief als die des thermodynamischen Gleichgewichts. Entsprechend "kleiner" ist der qualitative Unterschied zur mikroturbulenten Skala.

Es stellt sich die Frage, ob auch die darüberliegende Zeitskala atmosphärischer Bewegungen ebenfalls über eine eigene physikalische Qualität verfügt, die erst dieser Skala anhaftet. Einen Anhaltspunkt liefert das bekannte Zeitspektrum der Temperatur, das ein relatives Minimum bei der Zeitskala einer Saison zeigt.

Es kann auf der Grundlage umfangreicher statistischer Untersuchungen der dynamischen Variablen gezeigt werden, daß die bisher als dynamische Variablen unüblichen Spektralkoeffizienten Amplituden und Phasen stochastische Eigenschaften im synoptischen Wellenzahlbereich zeigen, die auch als spektrale Lücke im Zeitspektrum beinhalten, sowie weitere Besonderheiten der statistischen Eigenschaften. Einen Zugang zum physikalischen Verständnis dieser Besonderheit bietet die „Energie-Wirbel-Theorie“ von P. N. Svirin, wonach ein stationärer Zustand durch die funktionale Abhängigkeit von Energie und Wirbelgröße charakterisiert ist, und im Bereich der in den Amplituden und Phasen diagnostizierten „spektralen Lücke“ im Zeitspektrum gezeigt werden kann. Die Existenz eines im statistischen Sinne stationären Zustands kann als Hinweis auf ein neues Gleichgewicht im statistischen Sinne auf der saisonalen Skala verstanden werden. Der Nachweis, daß es sich hierbei tatsächlich um ein stabiles Gleichgewicht handelt bleibt weiteren Arbeiten vorbehalten. Es kann gezeigt werden, daß die gefundenen Eigenschaften der Amplituden und Phasen ausreichen, um eine dynamische Gleichung der saisonalen Amplituden und Phasen zu formulieren, wo eine begründbare Reduktion der Zahl der Freiheitsgrade auf 10^2 bis 10^4 gelingt.

DER EINFLUß VERSCHIEDENER VERFAHREN ZUR BESTIMMUNG DES BODENNAHEN WINDFELDS ÜBER DER NORDSEE AUF DIE WASSERSTANDSMODELLIERUNG

Andreas Benkel, Deutschland

Der Wasserstand an der deutschen Nordseeküste ist neben der astronomischen Tide auch von den Windverhältnissen über der Nordsee und dem angrenzenden Nordatlantik abhängig. Eine wichtige Eingangsgröße für die Wasserstandsmodellierung ist die Windgeschwindigkeit über See, welche als - Modelleingangsgröße z.T. stark fehlerbehaftet - den atmosphärischen Antrieb des hydrodynamischen Modells liefert. Die Windgeschwindigkeit über See entzieht sich jedoch in Ermangelung eines Stationsnetzes einer Aufstellung eines hinreichen feinmaschigen Netzes aus Beobachtungsdaten. Ein Problem bei der Validierung von Wasserstandsmodellen stellt daher die Berechnung mit tatsächlich aufgetretenen Windgeschwindigkeiten dar.

Untersucht wird daher der Einfluß unterschiedlicher, an den Knoten des hydrodynamischen Modells bereitgestellter, Winddaten auf das modellierte Ergebnis des Wasserstandes. Der an den Knoten des hydrodynamischen Modells vorliegende Wert der Windgeschwindigkeit ist abhängig von dem grundsätzlich vorhandenen Datenmaterial (Beobachtungsdaten oder Modelldaten) und dem Interpolationsverfahren, mit dem die Winddaten vom Ausgangsgitter auf das Gitter des hydrodynamischen Modells interpoliert werden. Hinsichtlich des verwendeten Winddatenmaterials werden Unterschiede zwischen PRISMA-Daten (Beobachtungsdaten auf einem regelmäßigen Gitter, generiert aus Schiffs- und Plattformmeldungen etc.) und den aus numerischen Simulationen gewonnenen GME- und LM-Daten des DWD in den Wasserstandberechnungen aufgezeigt. Auch mit verschiedenartigen Interpolationsverfahren, mit denen eine Interpolation auf das Gitter des Wasserstandsmodells erfolgt, wird der Wasserstand modelliert.

Die Ergebnisse der Untersuchung liefern deutliche Unterschiede des modellierten Wasserstandes bei der Verwendung von einander abweichenden Interpolationsverfahren und Ausgangswindfeldern.

BIOMETEOROLOGISCHE INFORMATIONEN IN DEN MEDIEN – WAS IST AUS WISSENSCHAFTLICHER SICHT SINNVOLL? (REVIEW)

Peter Höppe, Deutschland

Mit dem in den letzten Jahren gestiegenen Interesse der Medien umfassendere und stärker auf die Anwender bezogene Wetterberichte zu präsentieren, hat sich auch der Bedarf vor allem an biometeorologischen Informationen stark erhöht. Sie sollen zum einen leicht verständlich und zum anderen im Alltagsleben von Nutzen sein.

Einen bedeutenden Bereich biometeorologischer Informationen stellen physiologisch relevante Indizes dar, mit denen der thermische Wirkungskomplex des Wetters z.B. in Bezug zu optimaler Bekleidung oder zu erwartender thermischer Empfindung beschrieben werden kann. Für diese Aussagen werden die Zielgrößen durch den integralen Effekt aller wesentlichen thermisch wirksamen Parameter (Lufttemperatur, Luftfeuchte, Strahlung, Windgeschwindigkeit) bestimmt. Daher ist es Stand der Wissenschaft in der Biometeorologie, nur solche Indizes anzuwenden, die den Einfluss aller dieser Parameter in thermophysiologisch relevanter Form berücksichtigen, wie z.B. die Gefühlte Temperatur GT des DWD oder die Physiologisch Äquivalente Temperatur PET. In einer eigens eingerichteten Commission der International Society of Biometeorology wird zur Zeit an einer internationalen Standardisierung eines solchen thermischen Index gearbeitet, der universell sowohl für kalte als auch heiße Klimate anwendbar sein soll.

1999 fand an unserem Institut ein Workshop zum Thema „Biometeorologische Informationen in den Medien“ statt, an dem sowohl Vertreter der Wissenschaft als auch der bedeutendsten Anbieter von Wetterinformationen in den deutschsprachigen Ländern teilnahmen. Zusammenfassend können auf der Basis der Ergebnisse dieses Workshops und der weiteren Entwicklung der wissenschaftlichen Diskussion im letzten Jahr folgende Empfehlungen gegeben werden:

- Informationen der Bevölkerung über zu erwartenden Wetterfühligkeitssymptome sollen auf der Basis des Wetterklassenschemas des DWD, jedoch nur für Symptome gegeben werden, die eine relevante Inzidenzrate haben und vom Verbraucher auch beeinflussbar sind wie z.B. Kopfschmerzen oder Blutdruckveränderungen.
- Der weltweit standardisierte UV-Index soll wegen der interdiurnen Variationen durch Mini-Ozonlöcher regelmäßig publiziert werden, nicht zuletzt auch um eine Gewöhnung an die Skalierung zu erreichen.
- Es besteht großer Bedarf an Polleninformationen, da ca. 20% der Bevölkerung (Tendenz zunehmend) an Pollenallergien (z.B. Heuschnupfen) leiden. Diese Informationen sollten auch auf Urlaubsgebiete in Nachbarländern erweitert werden. Man sollte sich jedoch auf allergierelevante Pollenarten wie Hasel, Erle, Birke, Gräser, Roggen und Beifuß beschränken.
- Ozoninformationen sollten nur an Tagen mit relevant erhöhten Ozonwerten (ab $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$) gegeben werden.
- Biometeorologische Informationen sollten auch im Rahmen von Reisewetterberichten für die Hauptreiseziele verfügbar sein.

AUF DER SUCHE NACH EINEM UNIVERSELLEN THERMISCHEN KLIMAINDEX UTCI

Gerd Jendritzky, Deutschland, Abdel Maarouf, Canada

Eine der Kernaufgaben der Human Biometeorologie ist die physiologisch relevante Bewertung der thermischen Umweltbedingungen. Nachdem 1) in der entfernten Vergangenheit mehr als hundert einfache thermische Indizes entwickelt wurden, die z.T. noch im Einsatz sind und 2) in den letzten 30 Jahren komplette Wärmehaushaltsmodelle des Menschen entstanden sind, die sämtliche Prozesse des Wärmeaustausches mit der Atmosphäre berücksichtigen, ist es an der Zeit, das Erreichte zu sichten und neue Erkenntnisse und Ideen in zukünftige Standards zu integrieren.

Die International Society of Biometeorology ISB hat deshalb eine Kommission mit den o.g. Autoren als Vorsitzenden und 12 weiteren Experten aus unterschiedlichen Disziplinen aus 8 Ländern eingesetzt, die den Versuch unternehmen soll, die unterschiedlichen Verfahren zu harmonisieren und einen UTCI zu definieren.

Folgende Anforderungen sind zu erfüllen:

1. Physiologische Relevanz in der gesamten Spannweite vorkommender thermischer Bedingungen
2. Gültigkeit in allen Klimaten, Jahreszeiten, Maßstäben
3. Einsetzbar bei allen Kernanwendungen der Human Biometeorologie (vgl. Vorhersage für die Öffentlichkeit, Warnungen, Stadtbioklimatologie, Tourismus, Erholung und Klimatherapie, Bioklimakarten in allen Skalen von mikro bis global, epidemiologische Untersuchungen, Klimafolgenforschung etc.).

Die Herausforderung UTCI kann in vier mehr oder weniger unabhängige Teilprobleme differenziert werden.

1. Meteorologischer Input (insb. Strahlungsflüsse!)
2. Thermophysiologie (die korrekte Beschreibung des menschlichen Wärmehaushaltes)
3. Kommunikation (wie wird man für den Endnutzer verständlich?)
4. Bewertung (gesundheits- oder befindensbezogen)

Der Stand der email-Diskussion, das Ergebnis eines internationalen Workshops im Juni 2001 in Freiburg und Anwendungsbeispiele werden vorgestellt.

VARIABILITÄT DER LUFTFEUCHTIGKEIT IN DER URBAN CANOPY LAYER

Andreas Matzarakis, Helmut Mayer, Deutschland

Während es zum bekanntesten Phänomen in der Stadtklimatologie, der urbanen Wärmeinsel bzw. dem urbanen Wärmearchipel, eine große Anzahl von Untersuchungen experimenteller und modellmäßiger Art gibt, wurde bisher die Luftfeuchtigkeit in der Urban Canopy Layer, dem Lebensraum von Menschen in der Stadt, bedeutend seltener analysiert. Die Gründe dafür werden diskutiert.

Vor dem Hintergrund von Literaturangaben wird auf der Datengrundlage von 18 Stationen, die innerhalb des Forschungsvorhabens STADTKLIMA BAYERN in verschiedenen urbanen Strukturen in München über einen Zeitraum von 3.5 Jahren kontinuierlich betrieben wurden, die räumlich-zeitliche Variabilität des Dampfdrucks in der Urban Canopy Layer statistisch untersucht. Die in der Literatur angedeutete urbane Feuchteinsel wird in ihrer Erweiterung auf ein jahreszeitlich variables urbanes Feuchtearchipel einschließlich ihrer Ursachen beschrieben. Zusätzlich wird der statistische Zusammenhang zwischen urbaner Wärmeinsel und urbaner Feuchteinsel geprüft und hinsichtlich seiner Ausdehnung auf das urbane Wärmearchipel/urbane Feuchtearchipel untersucht. Alle Analysen beziehen sich sowohl auf den gesamten Untersuchungszeitraum als auch auf extreme Monate und spezielle Wetterlagen.

Als Beispiel für die Wirkung des Dampfdrucks in der Urban Canopy Layer wird seine Rolle bei der physiologisch relevanten Bewertung der thermischen Bedingungen innerhalb verschiedener Stadtstrukturen bei austauscharmen Hochdruckwetterlagen im Sommer analysiert. Die Basis dafür bilden experimentelle Fallstudien sowie die Physiologisch Äquivalente Temperatur PET als thermischer Bewertungsindex.

WELTWEITE PROGNOSE DER ERYTHEM-WIRKSAMEN SOLAREN UV-STRAHLUNG UND DEREN VALIDIERUNG

A. W. Schmalwieser, G. Schauburger, Österreich, M. Janouch, P. Prosek, K. Laska,
Tschechische Republik, M. Nunez, Australien, T. Koskela, Finnland, D. Berger, USA,
G. Karamanian, Argentinien

Seit 1995 wird am Institut für Medizinische Physik und Biostatistik der Veterinärmedizinischen Universität täglich eine weltweite 36-Stunden Prognose der biologisch-effektiven ultravioletten Strahlung durchgeführt. Prognostiziert wird die Bestrahlungsstärke für wolkenlosen Himmel zu mittag, sowie die Tagesdosis. Die verwendete Einheit ist, den Empfehlungen von WHO, WMO, UNEP, ICNIRP und COST folgend, der UV-Index (UVI) sowie UV-Index-Stunden (UVIh). Aus diesen beiden Größen werden zusätzlich Sonnenbrandzeiten und Sonnenschutzfaktoren abgeleitet. Die Prognosen werden in verschiedenen Medien publiziert (ORF2 Teletext S.669, Vorarlberger Nachrichten, ...). Außerdem stehen sie auf dem WWW server des Institutes zur Verfügung:

http://www-med-physik.vu-wien.ac.at/uv/uv_online.htm

Basis der Prognose ist ein sogenanntes „Fast Spectral Model“, das die spektrale Bestrahlungsstärke für 16 Wellenlängen zwischen 297.5 und 380nm liefert. In die Modellrechnungen fließen der Zenitwinkel der Sonne, die Topographie und der Ozongehalt der Atmosphäre ein. Die erythemwirksame Bestrahlungsstärke (EER) errechnet sich aus einer Gewichtung der spektrale Bestrahlungsstärke mit dem Wirkungsspektrum des Erythems. Eine Normalisierung mit 25mW/m^2 liefert dann die biologisch-effektive Bestrahlungsstärke in Einheiten des UV-Index.

Sowohl das Model als auch die Prognose wurden validiert. Dazu wurden Model bzw. Prognose mit lang-zeit Messungen (1996-2000) verglichen, die an 6 Orten auf 4 Kontinenten (Europa, Amerika, Australien, Antarktis) durchgeführt wurden. Die Stationen decken den Bereich von 67° nördliche bis 60° südliche Breite.

Der UVI stellt den Tageshöchstwert der erythem-wirksamen UV-Strahlung dar. Der prognostizierte UVI sollte daher eine Einhüllende der Messungen sein. Im Sinne von Strahlungsschutz und Gesundheitsvorsorge müssen daher jene Prognosen als fehlerhaft bezeichnet werden, die die tatsächlichen UV Strahlung unterschätzen. Die Prognose unterschätzt die EER in maximal 14% (Hobart, Australien) aller Fälle, im Mittel 6.5%. Die Trefferquote ($\pm 0.5\text{UVI}$) schwankt zwischen 40% und 60%. Die Prognose der Tagesdosis liefert noch bessere Werte. Die maximale Anzahl der Unterschätzungen liegt bei 7.9% (Ushuaia, Argentinien), im Mittel betragen sie 3.8%. Das österreichische Model bietet daher einen sehr hohen Grad an Genauigkeit und bietet dem Anwender die Möglichkeit einer möglichen Gesundheitsgefährdung (Sonnenbrand, Hautkrebs, Katarakt, Schädigung des Immunsystems,...) vorzubeugen.

ALPINE PHÄNOLOGISCHE TRENDS

Elisabeth Koch, Wolfgang Lipa, Christian Peter, Helfried Scheifinger, Österreich

Die Phänologie ist die klassische Wissenschaft, welche sich mit den jahreszeitlichen Aktivitäten in der Tier- und Pflanzenwelt beschäftigt, die von Umweltfaktoren ausgelöst werden (Schnelle). Die Pflanzen im kühl gemäßigten Klima passen sich im morphologischen und physiologischen Zustand an die Jahreszeiten an. Die Synchronisation der Vegetationszeit mit dem Jahreszeitenwechsel ist grundlegend für die klimatische Anpassung der Pflanzen. Diese Arbeit befasst sich mit dem phänologischen Frühlingsphasen in den Schweizer, österreichischen und slowenischen Alpen während der Maximalperiode 1951 bis 1999.

Die zeitigen Frühjahrsphasen weisen eine hohe interannuelle Variabilität auf. Einige warme Tage mit starker Sonneneinstrahlung können die Blüte von Schneeglöckchen, Leberblümchen usw. in Gang setzen. Dies kann bereits im Januar der Fall sein oder auch erst im April, in größeren Seehöhen und bei Schneebedeckung. Diese ersten Frühlingsboten sind noch keine verlässlichen Anzeiger für den Beginn der Vegetationsperiode, oft folgen danach noch Kaltlufteinbrüche. Die Baumarten der gemäßigten Klimazonen benötigen sowohl Kältereize als auch nachfolgend höhere Temperaturen, um zum Austrieb und zur Blüte angeregt zu werden. Einige Modelle, die diese beiden Kriterien verbinden zeigen verlässliche Prognosen für die Phasen Blattentfaltung und Blühbeginn sowie Maitrieb bei Nadelbäumen. Diese Phasen zeigen endgültig den Beginn der Wachstumsperiode an. Trotz der großen Unterschiede oft auch zwischen denselben Phasen in der gleichen Region kann ein generelles Muster in den Zeitreihen erkannt werden. Während der 50er Jahre und der späten 80er und frühen 90er Jahre traten die Phasen Blattentfaltung und Blüte sehr früh auf, was gut mit der Temperaturreihe für die Alpen zusammenpasst. Böhm et al. zeigten, dass die Temperaturen im Sommerhalbjahr in den 1950er Jahren das erste Maximum im 20. Jahrhundert erreichten und dass sie nach einer Abkühlung und dem relativen Minimum in den 70er Sommern rasch zum jüngsten Maximum anstiegen. Ein generelles Muster konnte festgestellt werden: ein früher Beginn der Vegetationsperiode in den 50er und späten 80er frühen 90er Jahren. Ein genereller Trend für eine Verlängerung der Wachstumsperiode zum Frühjahr hin scheint sich ab den 60er Jahren abzuzeichnen.

REGIONALE TRENDS BEI PFLANZENPHÄNOLOGISCHEN ZEITREIHEN IN DER SCHWEIZ

Claudio Defila, Schweiz

Die MeteoSchweiz unterhält seit 1951 ein pflanzenphänologisches Beobachtungsnetz. Heute werden an rund 160 Stationen in verschiedenen Regionen und Höhenlagen der Schweiz phänologische Beobachtungen durchgeführt. Das Beobachtungsprogramm enthält 26 verschiedene Pflanzenarten und insgesamt 69 phänologische Phasen (Phänophasen) wie Beginn der Blüte, Vollblüte, Blattentfaltung, Fruchtreife, Blattverfärbung und -fall. Während der Vegetationsperiode werden wöchentlich phänologische Bulletins erstellt, die via Internet (www.meteoschweiz.ch) verbreitet werden. Zusätzlich werden jährliche Rückblicke auf die vergangene Saison in einer landwirtschaftlichen und forstwirtschaftlichen Zeitschrift publiziert.

Neben den zwei sehr langen phänologischen Zeitreihen - Blattausbruch der Rosskastanien in Genf (seit 1808) und Vollblüte der Kirschen in Liestal (seit 1894) - wurden die Trends der phänologischen Zeitreihen von 1951 bis 2000 untersucht. Diese Studien sollen die Auswirkungen einer Klimaerwärmung auf die phänologischen Eintrittstermine nachweisen. Von 896 phänologischen Zeitreihen, die sich auf 68 Beobachtungsstationen und 19 verschiedene Phänophasen verteilen, wurden lineare Trendanalysen durchgeführt. 30% aller getesteten Zeitreihen weisen einen signifikanten Trend (F-Test, $P < 0,05$) auf. Bei 10,9% aller Zeitreihen konnte ein signifikant positiver Trend (zu späteren Eintrittsterminen) und bei 19,1% ein signifikant negativer Trend (zu früheren Terminen) festgestellt werden. Insbesondere überwiegen im Frühling und Sommer die negativen Trends, während im Herbst die positiven Trends nur leicht häufiger vorkommen. Im Frühling konnte eine mittlere Verfrühung (1951-2000) von 11,6 Tagen und im Herbst eine mittlere Verspätung von 1,7 Tagen berechnet werden. Dies ergibt in den 50 Beobachtungsjahren eine Verlängerung der Vegetationsperiode von 13,3 Tagen oder 0,3 Tage pro Jahr. Ähnliche Ergebnisse hat auch A. Menzel (1999) bei den Internationalen Phänologischen Gärten für Europa gefunden. Eine solche Verlängerung der Vegetationsperiode hat auf die Biosphäre (Biomasseproduktion, Vegetationsverteilung, Frostgefährdung etc.) einen bedeutenden Einfluss.

Tendenziell treten bei den höhergelegenen Stationen stärkere Trends zur Verfrühung auf als bei Stationen im Tiefland. Wird die Schweiz in sieben Klimaregionen unterteilt, dann werden markante Unterschiede ersichtlich. Während im Jura, Mittelland, Alpennordhang, Rheinbünden und Engadin die negativen Trends (frühere Eintrittstermine) vorherrschen, sind im Wallis und auf der Alpensüdseite die positiven Trends (spätere Eintrittstermine) stärker vertreten. In Defila (1991) konnte nachgewiesen werden, dass vor allem die Lufttemperaturen die phänologischen Frühlingsphasen sehr stark beeinflussen. Die Regionen Alpensüdseite und Wallis sind klimatisch begünstigt. In diesen zwei Regionen dürfte die Temperatur nicht so stark limitierend für das Wachstum und die Entwicklung der Pflanzen sein. Die regionalen Unterschiede und die Tatsache, dass bei höhergelegenen Stationen die Verfrühung markanter auftritt als bei den Tieflandstationen, erhärten diese These. Die sieben Regionen und deren Unterschiede sollen detaillierter untersucht werden. Insbesondere sollen die phänologischen Zeitreihen mit den Temperaturmessreihen dieser Regionen verglichen werden.

Die Phänologie ist ein guter Indikator für die Auswirkungen einer Klimaänderung auf die Vegetation.

Literatur:

Defila, C., 1991: Pflanzenphänologie der Schweiz. Diss Uni Zürich; 235 Seiten. In Veröff. d. Schweiz. Meteorologischen Anstalt, Nr. 50

Menzel, A. und P. Fabian, 1999: Growing season extended in Europe. NATURE, 397:659

VERFÜGBARE FELDARBEITSTAGE FÜR DIE HEUERNTEN IN ÖSTERREICH

Herbert Formeyer, Österreich

Die Ermittlung der verfügbaren Feldarbeitstage für die Rauhfutter- und Getreideernte in Österreich erfolgte in Anlehnung an eine für die Schweiz entwickelte Methode, die eine Berechnung der Erntegelegenheiten nach dem Sättigungsdefizitsummen- (SDS) Verfahren aus meteorologischen Standarddaten erlaubt.

Die Schätzung der Tages- SDS an Stationen mit Terminablesungen erfolgte mittels linearer Regression. Diese Regressionen wurden für jede Station mit mindestens 3-jährigen stündlichen Aufzeichnungen gerechnet (83 Stationen). Die Parametrisierung der Tauabtrocknung durch Vernachlässigung der Sättigungsdefizite zwischen 18:00 und 09:00 Uhr, wie sie in der Landtechnik häufig angewandt wird, konnte aufgrund des festgestellten unterschiedlichen Tagesganges der Sättigungsdefizite auf Berg- und Talstationen nicht verwendet werden. Die Analyse ausgewählter österreichischer Klimastationen zeigte, dass ein grundsätzlicher Unterschied im Tagesgang des Sättigungsdefizites zwischen Tal- und Bergregionen besteht. Während in Talstationen rund 70 % der Tages- (SDS) zwischen 09:00 und 18:00 Uhr erreicht werden, sind dies an Bergstationen nur 50 %. Die Tages- SDS wurde daher über den gesamten Zeitraum von 01:00 bis 24:00 Uhr berechnet. Dadurch mussten die aus der Literatur übernommenen Schwellenwerte an unser Verfahren angepasst werden und es wurde eine explizite Tauparametrisierung entwickelt. Auf eine zusätzliche Höhenabhängigkeit der Schwellenwerte wurde verzichtet, da davon ausgegangen wird, dass die schnellere Abtrocknung in Höhenlagen durch den unterschiedlichen Tagesgang des Sättigungsdefizites und die geringere Taufallhäufigkeit bedingt ist.

Basierend auf diesen Annahmen wurde ein Auswerteprogramm entwickelt, das die günstigen Erntegelegenheiten aus den Klimadaten aller Wetterstationen mit mindestens 30 Jahren Laufzeit (188) berechnet. Hierfür wird jeder Tag anhand der Parameter Tages- SDS, Niederschlag und Bedeckungsgrad um 14 Uhr in eine der Kategorien Schönwettertag, Gewittertag, Sondertag und Schlechtwettertag eingeteilt. Eine günstige Erntegelegenheit ist dann gegeben, wenn die akkumulierte SDS einer Schönwetterperiode den Schwellenwert überschreitet. Für die Akkumulierung werden nur die Schönwettertage herangezogen.

Die Erntegelegenheiten sind für 3 Ernteverfahren und Ertragsstufen und für alle Halbmonate von Mai bis Oktober verfügbar. Die Stationsergebnisse liegen für 188 Stationen (mittlere Laufzeit 39 Jahre) als verfügbare Erntegelegenheiten mit 50, 60, 70, 80, und 90 %iger Überschreitungswahrscheinlichkeit vor.

Die Stationsergebnisse der 80 % Perzentile wurden mit Hilfe eines Geoinformations-Systems in die Fläche interpoliert. Die Interpolation erfolgt in zwei Schritten. Im ersten Schritt wird aus allen Stationen eine mittlere Seehöhenabhängigkeit durch exponentielle Regression bestimmt. Die Residuen der Seehöhenabhängigkeit werden mittels Kriging in die Fläche interpoliert. Abschließend werden das Residuenfeld und das Seehöhenfeld addiert.

Insgesamt gibt es 114 Karten, welche die Verteilung der Erntegelegenheiten über das gesamte Bundesgebiet für alle Halbmonate von Mai bis Oktober bei verschiedenen Ernteverfahren und unterschiedlichen Ertragsstufen darstellen.

VERDUNSTUNGSMESSUNGEN ÜBER AGRARFLÄCHEN

Martin Winterhalter, Deutschland

Im Rahmen des Forschungsverbundes Agrarökosysteme München (FAM) wird auf dem Versuchsgut Scheyern im Landkreis Pfaffenhofen mit Hilfe der Eddy - Kovarianz - Methode die Verdunstung gemessen. Diese Ergebnisse, die zunächst nur für ein begrenztes Quellgebiet gültig sind, werden mit flugzeuggestützten Messungen auf ihre räumliche Repräsentativität hin untersucht. Anhand der Luftbildaufnahmen, die in verschiedenen Spektralkanälen durchgeführt werden, kann unter anderem auf die Oberflächentemperatur der landwirtschaftlich genutzten Flächen und damit auf eine räumlich variable Verdunstung geschlossen werden. Die Befliegungen sind vom Institut für Optoelektronik der DLR an ausgewählten Tagen in unterschiedlichen Höhe über Grund mit einer PIXEL - Auflösung von bis zu 1.5 m² durchgeführt worden. Die beobachtete Variabilität der Oberflächentemperatur kann im wesentlichen durch die heterogenen Bodenverhältnisse auf den Agrarflächen erklärt werden. Aus der Synthese beider Messungen wird über die Penman - Monteith - Gleichung der Bestandeswiderstand auf Schlagebene abgeschätzt. Die Steigung der Sättigungsdampfdruckkurve wird dabei über die bekannten Oberflächentemperaturen genauer berechnet, womit eine Fehlerabschätzung im Vergleich zum ursprünglichen Ansatzes diskutiert werden kann. Die gewählten Flugfenster sind messtechnisch an wolkenfreie Verhältnisse und Schrägsichtweiten größer 10 km gebunden. Mit bodengestützten kontinuierliche Oberflächentemperaturmessungen werden diese Zeitfenster im Vergleich zu anderen Witterungsverhältnissen charakterisiert. Weitere Fehlerabschätzungen auf der Grundlage des Gauß'schen Fehlerfortpflanzungsgesetzes und einer Monte Carlo Simulation werden vorgestellt. Die beiden Verfahren können sich in Abhängigkeit der Eingangsdaten bei gleichen Eingangsfehlern um bis zu 500 % unterscheiden, wobei die Monte Carlo Simulation prinzipiell geringere Fehler liefert.

Die hier vorgestellten Messungen sind in zwei weitere Teilprojekte im FAM eingebunden, die zum einen im mesoscaligen Bereich (Wasserhaushaltsmodell NASIM) zum andern im microscaligen Bereich (Porometermessungen) die Verdunstung bestimmen. Es stehen somit Angaben zur Verdunstung mit unabhängigen Methoden zu Verfügung, die für unterschiedliche Scalen repräsentativ sind. Im weiteren wird hier diskutiert, wie diese verschiedenen Methoden miteinander verglichen werden können.

AUSWIRKUNGEN EXTREM MILDER WINTERTEMPERATUREN AUF KOMPONENTEN DER KÄLTERESISTENZ VON GEHÖLZEN

Peter Trinkaus, Alexander Podesser, Österreich

Eine wichtige Komponente der Kälteresistenz von Pflanzen ist die Erniedrigung des Gefrierpunktes durch gelöste Stoffe (LARCHER 1984). Bei Gehölzen wird zur Erhöhung der Kälteresistenz im Holz und in der Rinde Stärke in niedermolekulare und zwar laut JEREMIAS 1964 Fruktose, Saccharose und Zucker der Raffinosegruppe und zusätzlich Zuckeralkohole, Hemizellulosen und Kohlenhydrat-Eiweißkomplexe (siehe JEREMIAS 1969) umgewandelt. Bezüglich des Stärkegehalts von Laubhölzern unterschied bereits FISCHER 1891 acht Phasen, von denen nur die sechs Phasen, die im Rahmen dieser Arbeit von Interesse sind, in zeitlicher Abfolge angeführt werden, nämlich die des Stärkemaximums im Herbst, die der Stärkeauflösung im Spätherbst, die des Stärkeminimums im Winter (bis Ende Februar), die der Stärkeregeneration im Frühjahr, die des Stärkemaximums im Frühjahr und die der Stärkeauflösung vor dem Austrieb im Frühjahr. Eine Vielzahl weiterer Untersuchungen bestätigen zwar größtenteils diese Phaseneinteilung (z.B.: COCKERHAM 1930, ISHIBE 1935), allerdings zeigen andere Arbeiten, dass artspezifische Abweichungen (siehe SAUTER 1967, REUTHER 1971, WLASICH 1984, TRINKAUS 1990) und auch von der Wintertemperatur abhängige Abweichungen (SAUTER 1967, TRINKAUS 1990) festzustellen sind.

Zur Feststellung der Temperaturverhältnisse im Raum Graz für die Monate Oktober 2000 bis Jänner 2001 wurden Daten von insgesamt 7 Stationen herangezogen. Dabei zeigte sich, dass die positiven Abweichungen vom langjährigen Temperaturmittel teilweise recht deutlich ausfielen. So war der Oktober der wärmste seit den Aufzeichnungen überhaupt, im November lag das Monatsmittel 3,8 Grad, im Dezember 1,8 Grad und im Jänner 3,6 Grad über dem Durchschnitt. Bezüglich der Sonnenscheindauer war das Jahr 2000 zwar das sonnigste seit Vorliegen vergleichbarer Messungen, im Untersuchungszeitraum wurden aber nur knapp durchschnittliche Werte erzielt.

Im milden Jänner 2001 wurde eine Vielzahl an Gehölzen im Grazer Stadtgebiet holz- und rindenanatomisch untersucht, um später Erklärungen für atypisch frühes Austreiben aber auch etwaige Frostschäden liefern zu können. Der Großteil der untersuchten Arten befindet sich nicht in der von FISCHER 1891 beschriebenen Phase des für den Winter typischen Stärkeminimums. Eine Ausnahme stellen hier die Nadelhölzer dar, bei denen anscheinend der endogene Rhythmus wenig von Außenfaktoren beeinflusst wird. Sehr unterschiedlich sind die Ergebnisse bei den Laubhölzern. Die meisten immergrünen Laubhölzer befinden sich ebenso wie die Nadelhölzer im Zustand des winterlichen Stärkeminimums, während die sommergrünen Arten entweder reichlich Stärke im Holz enthalten, weil die hohen Dezember- und Jännertemperaturen die Stärkeauflösung gestoppt haben, oder aber sich bereits in der Phase der Stärkeauflösung vor dem Austrieb im späten Frühjahr befinden. Einige Arten dieser letzten Gruppe beginnen bereits verfrüht Mitte Jänner 2001 mit dem Austreiben.

INTEGRATION DER KOHLENSTOFFSIMULATION IN DAS HYDROLOGISCHE MODELL BROOK90 - PARAMETRISIERUNG UND SENSITIVITÄTSANALYSE

Anne-Barbara Baums, Deutschland

Die Problematik des ansteigenden CO₂-Gehaltes der Atmosphäre und die damit verbundenen Auswirkungen auf das Klima- und Ökosystem der Erde erfordern eine eingehende Untersuchung der Kohlenstoffflüsse sowie die Ausarbeitung von Ansätzen zur Modellierung des Kohlenstoffhaushaltes.

Im Rahmen des Projektes CARBOEUROFLUX werden am Institut für Hydrologie und Meteorologie der TU Dresden seit 1996 kontinuierlich EC-Messungen der Wasserdampf- und CO₂-Flüsse über einem ca. 100jährigen Fichtenbestand in der Ankerstation Tharandter Wald durchgeführt und der Kohlenstoffhaushalt u.a. auf Grundlage der Bestandestranspiration modelliert. Zur Ermittlung der Transpiration wurde das hydrologische Modell BROOK90 eingesetzt. Dieses verwendet den Verdunstungsansatz nach Shuttleworth & Wallace, der eine getrennte Betrachtung von Boden- und Bestandesverdunstung ermöglicht. Um eine gemeinsame Betrachtung von Wasser- und Kohlenstoffhaushalt durchführen zu können, erschien es sinnvoll, das Kohlenstoffmodell in das Verdunstungsmodell zu integrieren.

Für die Validierung des Gesamtmodells stehen die kontinuierlichen hydrologischen Messungen im Einzugsgebiet des Wernersbaches (seit 1968) und die kontinuierlichen EC-Flußmessungen (seit 1996) zur Verfügung. Zusätzlich liegen die Ergebnisse ausgewerteter Baumschnitte vor. Die Parametrisierung des Gesamtmodells wird beschrieben sowie die Ergebnisse einer Sensitivitätsanalyse vorgestellt. Dabei werden insbesondere Trocken- und Feuchtjahre vergleichend gegenübergestellt. Die Modellergebnisse werden anhand durchgeführter Messungen bewertet und diskutiert. Es wird deutlich, dass insbesondere in trockenen Jahren eine Reduktion der Nettokohlenstoffsенке zu beobachten ist. Weiterhin zeigt sich eine größere Sensibilität des Systems bezüglich der Kohlenstoffflüsse als bezüglich der Feuchteflüsse.

COMPUTERGESTÜTZTES POLLENFLUGVORHERSAGEMODELL

Heinrich Bica, Herbert Gmoser, Siegfried Jäger, Österreich

Für etwa 15-20% der Bevölkerung sind Prognosen für die Belastung durch Pollen in der Atemluft eine wesentliche Hilfe im Hinblick auf ihr persönliches Freizeitverhalten. Die Erlangung der Blühbereitschaft, Pollenproduktion, Pollenfreisetzung, Dispersion und Sedimentation sind von einer Reihe von meteorologischen Faktoren abhängig. In der vorliegenden Arbeit wird der Versuch unternommen, diese Faktoren zueinander in Beziehung zu setzen und damit eine Prognose für ein bzw. zwei Tage zu erzielen. Die Resultate dreier aufeinanderfolgender Jahre im operativen Betrieb werden vorgestellt.

Für die Vorhersagen werden folgende Parameter herangezogen:

- Phänologie (Vorsaison, Saisonstart, Hauptsaison, Nachsaison, Ende)
- Pflanzengeographie
- Temperaturbereiche für die Intensität der Pollenproduktion
- Meteorologische Parameter:
- Temperatur, Niederschlag, rel. Feuchte, horizontaler und vertikaler Luftmassenaustausch, Bewölkung
- Synoptisch: Stabilität/Instabilität der Grosswetterlage

Das Modell errechnet aus diesen Parametern eine Art „favourability“ und damit die voraussichtliche Konzentration der Pollentypen Birke, Gräser, Beifuss und Ragweed für den Tag $n+1$ und $n+2$. Für die unterschiedlichen Pollentypen sind auch unterschiedliche Algorithmen nötig.

Die Resultate der Vorhersagen wurden zur Validierung retrospektiv einem statistischen Vergleich mit den realen Messwerten unterzogen (Spearman'S Korrelationskoeffizient). Sie waren nach Verbesserungen im Bereich der Algorithmen bereits für das zweite operative Jahr durchwegs zufriedenstellend.

EVALUATION OF PHENOLOGICAL DATA FOR CLIMATOLOGICAL PURPOSES

Ernst Dittmann, Gerhard Müller-Westermeier, Deutschland,
Olga Braslavská, Pavel Š•astný, Bratislava

The German weather service and Slovak meteorological service both support dense networks of phenological observing stations and possess a large archive of phenological observations with some time series dating back to the beginning of the century. The common project started in July 2000 and its end is planned in June 2000. The methodological approaches and the first results will be presented.

A first aim of project is to compare the observation programme as well as observation and data processing procedures. The further important aims and approaches could be summarized as follows. Long time series and suitable phenological phases shall be selected for trend analysis. Standardised statistical procedures shall be applied to all selected time series to find out, whether these series show any sign of the expected anthropogenic trends. Procedures to produce phenological maps shall be developed and tested and an archive of grid fields of phenological phases for reference and other periods shall be produced.

AUSWIRKUNGEN EINER KLIMAÄNDERUNG AUF AGRARÖKOSYSTEME IN AUSGEWÄHLTEN LANDWIRTSCHAFTLICHEN PRODUKTIONSGBIETEN IN ÖSTERREICH

Josef Eitzinger, Österreich

Die Frage nach einer globalen Klimaänderung ist eines der wichtigsten Umweltprobleme vor der die Welt im 21. Jahrhundert steht. Die vergangenen Jahre zählten global zu den wärmsten seit Beginn kontinuierlicher Messungen um 1860. Die global 10 wärmsten Jahre traten seit 1983 auf, die 8 wärmsten seit 1990. Auch das Jahr 2000 setzte diesen Trend fort, trotz des abkühlenden Effektes des tropischen La Niña im Pazifik. Eine globale Klimaänderung beeinflusst die Ökonomie in allen Teilen, wobei die Landwirtschaft zu den am stärksten betroffenen Wirtschaftszweigen zählt. In dieser Studie werden die Auswirkungen einer Klimaänderung auf einige wichtige Kulturpflanzen in ausgewählten landwirtschaftlichen Produktionsgebieten in Österreich (Oberösterreichischer Zentralraum, Nord-Östliches Österreich und Süd-Östliches Österreich) untersucht und beschrieben. Einige Klimaänderungsszenarios wurden ausgewählt und auf die Testgebiete angewandt. Die 30-jährigen gemittelten Basisklimadaten beruhen auf der Periode 1961-1990. Die verwendeten Szenarien beruhen auf die 30-jährigen gemittelten 'transient GCM (global circulation model)' monatlichen meteorologischen Outputs vom IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change - Data Distribution Center) für die Dekaden 2020, 2050 und 2080. Diese beinhalten die Modellergebnisse vom Max-Planck Institut für Meteorologie (ECHAM4), des 'UK Hadley Center for Climate Prediction and Research (HadCM2), des 'Canadian Center for Climate Modeling and Analysis (CGCM1)', der 'Australian Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO-Mk2b)' und des 'Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (GFDL-R15)'. Die je nach Szenario modifizierten Klimadaten wurden als Input für dynamische Pflanzenwachstumssimulationsmodelle zur Bestimmung der potentiellen Auswirkungen auf den Ertrag und das Wachstum von Winterweizen und Gerste verwendet. Die beiden Wachstumsmodelle CERES und WOFOST wurden dazu unter den agrarmeteorologischen Bedingungen der Testgebiete validiert. Die Produktionstechnik wurde unverändert belassen. Die Bodeneigenschaften der vorherrschenden Bodenarten in den Testgebieten wurden aus publizierten und anderen vorhandenen Quellen bezogen. Die Simulationen wurden jeweils mit und ohne direkten CO₂-Effekt auf die Pflanzen durchgeführt. Eine Sensitivitätsanalyse zur Bestimmung gradieller Auswirkungen auf das Pflanzenwachstum und die Ertragskomponenten wurde unter stufenweiser Veränderung von Temperatur und Niederschlag für alle Varianten durchgeführt. Schliesslich wurde das 'DSSAT Seasonal Analyses Program' dazu verwendet um mögliche Adaptionmassnahmen in der Produktionstechnik zu bestimmen, welche negative Auswirkungen einer Klimaänderung auf die jeweiligen Kulturpflanzen vermindern oder positive Auswirkungen zu verstärken.

DIE AUSWIRKUNGEN EINER KLIMAÄNDERUNG AUF DEN WASSERHAUSHALT VON KULTURPFLANZEN IM MARCHFELD BEI UNTERSCHIEDLICHEM BODENWASSERSPEICHERVERMÖGEN

Josef Eitzinger, Österreich

Der Zustand und die Art des Bodens spielt für den Wasserhaushalt eines Pflanzenbestandes eine zentrale Rolle. Klimaänderungen und Änderungen in der Klimavariabilität (wie z.B. der zeitlichen Niederschlagsverteilung), des Verdunstungspotentials oder die Häufigkeit extremer Witterungsereignisse (wie z.B. häufigere und längere Trockenperioden) können sich demnach in Abhängigkeit vom Bodenwasserspeichervermögen unterschiedlich auf das Produktionspotential von Kulturpflanzen auswirken. In dieser Studie wird unter Nutzung validierter Pflanzenwachstumssimulationsmodelle (DSSAT, WOFOST) untersucht, wie stark sich eine potentielle Klimaänderung und Änderungen in der Klimavariabilität auf den Wasserhaushalt einiger wichtiger Kulturpflanzen im Marchfeld, einem wichtigen landwirtschaftlichen Produktionsgebiet im Nord-Osten Österreichs auswirkt. Eine Sensitivitätsanalyse beschreibt die möglichen Auswirkungen einer Änderung in der Klimavariabilität, während mit Hilfe von GCM's die lokalen Auswirkungen von einigen Klimaänderungsszenarien abgeschätzt werden. Die Ergebnisse zeigen, dass aufgrund der grossen Unterschiede und der grossen räumlichen Variabilität des Bodenwasserspeichervermögens im Marchfeld, wobei die nutzbare Bodenwasserspeicherkapazität von ca. 100 mm bis ca. 400 mm schwanken kann, sich ein relativ grosser Einfluss dieses Parameters auf das Pflanzenwachstum und seine beschreibenden Komponenten ergibt. Trockenperioden verursachen auf leichten Böden mit niedriger Wasserspeicherkapazität naturgemäss früher und höheren Wasserstress für Kulturpflanzen als auf schwereren Böden. Eine Erhöhung des Pflanzenwasserverbrauchs durch grösseres Verdunstungspotential oder eine Änderung in der Niederschlagsverteilung durch Klimaänderung zeigte daher besonders auf den leichten Böden des Marchfeldes Auswirkungen auf die potentielle Pflanzenproduktion. Dabei sind die Erträge von Wintergetreide zum Beispiel weniger stark betroffen als von Sommergetreide, da die Winterfeuchtigkeit besser genutzt werden kann. Andere Faktoren eines veränderten Klimas, wie der direkte CO₂-Effekt oder eine Temperaturerhöhung können in Abhängigkeit der Pflanzenansprüche die durch den Wasserhaushalt alleine verursachten Einflüsse jedoch stark modifizieren (wie z.B. bei der Sojabohne). Im Rahmen der Produktionstechnik kommt den Komponenten des Wasserhaushaltes, insbesondere der aktuellen Evapotranspiration eine wichtige Rolle zu, da diese relativ kurzfristig modifiziert werden kann. Mögliche Strategien in der Produktionstechnik werden beschrieben um den Wasserhaushalt von Pflanzenbeständen unter den veränderten klimatischen Bedingungen, die durchgehend auf einen vermehrten Wasserverbrauch in der Pflanzenproduktion hindeuten, zu optimieren. Insbesondere gewinnen in diesem Zusammenhang wassersparende Produktionstechniken, wie reduzierte Bodenbearbeitung und der Einsatz von Mulchdecken, sowie eine entsprechende Fruchtfolge an Bedeutung.

VERGLEICH VON PHÄNOLOGISCHEN BODENBEOBACHTUNGEN MIT NOAA/AVHRR NDVI DATEN FÜR MITTELEUROPA IM RAHMEN VON POSITIVE

Michaela-Maria Hirschberg, Deutschland

Im Rahmen vom EU-Projekt POSITIVE wurden für den Zeitraum 1982-1998 NOAA/AVHRR NDVI Daten mit phänologischen Bodenbeobachtungen der nationalen Netzwerke verglichen. Gerade in Mitteleuropa, wo die Landnutzung hochvariabel ist und große Flächen mit homogener Vegetation selten sind, ist es von großer Bedeutung zusätzliche Informationen aus den phänologischen Beobachtungsnetzen mit in die Interpretation von Satellitendaten, die den saisonalen Vegetationszyklus wiedergeben, einzubeziehen. In dieser Studie wurden Trends phänologischer Phasen, wie Blattaustrieb, Blüte, Maitrieb, Blattverfärbung und Blattfall einzelner Spezies mit der Entwicklung der sogenannten 'Grünen Welle' im Zeitraum verglichen und im Hinblick auf Klimaänderungen hin diskutiert.

MIKROKLIMA IN BUCHENBESTÄNDEN AUF GEGENÜBERLIEGENDEN HÄNGEN IN DER SCHWÄBISCHEN ALB

Thomas Holst, Helmut Mayer, Deutschland

Das Mikroklima eines Waldstandortes wird durch das Zusammenwirken von lokalem Strahlungs-, Wärme- und Wasserhaushalt geprägt. Diese Haushalte sind durch die makroklimatischen Bedingungen vorgegeben, werden aber regional durch topographische Faktoren und lokal durch waldspezifische Kennzeichen, wie z.B. Baumart, Bestandesdichte, Überschirmungsgrad, usw., modifiziert. Bei forstlichen Bewirtschaftungsmaßnahmen erfolgen Eingriffe in Bestandesdichte und Kronenstruktur; dadurch ändern sich die mikroklimatischen Verhältnisse und damit auch die Wuchsbedingungen an diesem Standort.

Das Meteorologische Institut der Universität Freiburg führt seit September 1999 in etwa 80-jährigen Buchenbeständen auf der Schwäbischen Alb bei Tuttlingen kontinuierliche forstmeteorologische Messungen durch. Die Versuchsflächen liegen an gegenüberliegenden Hängen eines von Nordwesten nach Südosten ausgerichteten Tales und haben dadurch eine extrem unterschiedliche Exposition. Zusätzlich fanden in den Buchenbeständen verschiedene Bewirtschaftungsmaßnahmen statt. Ihre mikroklimatischen Konsequenzen werden über die Einrichtung von jeweils einer mikrometeorologischen Bodenstation in einer starken Schirmhiebfläche und einer unbehandelten Kontrollfläche auf beiden Versuchshängen erfasst. Das Versuchsdesign ermöglicht somit die Charakterisierung von regionaler und lokaler Ausprägung des Mikroklimas in Buchenbeständen. Ihre Kenntnis ist für forstliche Wachstumsmodelle von grundsätzlicher Bedeutung.

An den vier mikrometeorologischen Bodenstationen, die um eine baugleiche und in Bezug auf ihren Standort variabel eingesetzte Station ergänzt sind, werden kontinuierlich Kenngrößen zum Strahlungshaushalt (PAR, UV-A, UV-B), Wärmehaushalt (Lufttemperatur, Bodentemperaturen) und Wasserhaushalt (relative Luftfeuchte, Kronendurchlass, Stammabfluß, Bodenfeuchten) sowie Windgeschwindigkeit gemessen. Auf den unbehandelten Flächen beider Versuchshängen wurde jeweils ein 42 m hoher meteorologischer Messturm ($z/H = 1.5$) zur Erfassung der meteorologischen Bedingungen im Stammraum und über den Buchenbeständen errichtet. Dort werden in verschiedenen Höhengniveaus kontinuierlich Kenngrößen zum Strahlungshaushalt (lang- und kurzweilige Strahlungsbilanz, PAR, UV-A und UV-B), Wärmehaushalt (Lufttemperaturen) und Wasserhaushalt (relative Luftfeuchte, Freilandniederschlag) sowie die Windgeschwindigkeit gemessen. Zusätzlich wird die Windrichtung an der Spitze eines jeden Messturms erfasst.

Die bisherigen Ergebnisse zeigen einen deutlichen Einfluss der Exposition auf den Strahlungshaushalt der Versuchsflächen, der in der belaubten Phase durch die unterschiedliche Überschirmung der Versuchsflächen noch übertroffen wird. Auch bei den Bodentemperaturen überwiegt in der belaubten Phase der Einfluss der Bewirtschaftung den expositionsbedingten. Die in 1.5 m Höhe über Grund gemessene Lufttemperatur reagiert jedoch sowohl in der unbelaubten als auch in der belaubten Phase stärker auf den Expositionseffekt.

SYSTEMATISCHE MESSUNGEN DER ERYTHEMWIRKSAM GEWICHTETEN UV-STRAHLUNG AUF UNTERSCHIEDLICH GENEIGTE FLÄCHEN AN VERSCHIEDENEN STANDORTEN IN BAYERN

Peter Höppe, Andreas Oppenrieder, Peter Köpke,
Joachim Reuder, Meinhard Seefeldner, Deutschland

In der Regel werden Messungen der UV-Strahlungsintensitäten auf horizontal orientierte Flächen bezogen. Das gilt auch für den von der WMO und WHO eingeführten UV-Index (UVI). Um wirkungsrelevante Angaben zur UV-Exposition eines Menschen und ggf. auch differenziert für einzelne Körperteile geben zu können, benötigt man jedoch die Strahlungsflüsse in Richtung der typischen Ausrichtungen dieser Oberflächen, die je nach Körperhaltung unter verschiedensten Winkeln gegen die Horizontale orientiert sind.

Im Rahmen des Bayerischen Forschungsverbundes BayForUV messen wir in Bayern kontinuierlich über ein Jahr unter verschiedenartigsten Bedingungen die erythemwirksam gewichtete UV-Strahlung auf unterschiedlich geneigte Flächen. Für diese Messungen wird ein neues, selbst entwickeltes und gebautes Messsystem (ASCARATIS: **A**nge **SC**anning **RA**diometer for determination of erythemally weighted irradiance on **T**ilted **S**urfaces) eingesetzt. Es besteht aus einem UV-Radiometer, das mit Hilfe von zwei Einstell-Antrieben (mit horizontaler bzw. vertikaler Drehachse) in beliebige Richtungen ausgerichtet werden kann. Hiermit werden innerhalb von ca. zwei Minuten 27 Messpositionen abgefahren – jeweils 12 Azimutpositionen in 30°-Schritten unter 0° und 45° Elevation, jeweils eine unter +90° bzw. -90° Elevation sowie eine in Richtung auf die Sonne. Ein zweites horizontal (90° Elevation) fest ausgerichtetes UV-Radiometer wird in einigen Metern Entfernung starr befestigt, zur Referenzmessung um Daten auszusondern, bei denen sich die Einstrahlungsbedingungen während der Scan-Zeit von zwei Minuten zu stark geändert haben. Der Mess-PC steht in einem Innenraum und ist mit der Elektronik über eine serielle Schnittstelle (RS232) verbunden. Er kommuniziert einmal pro Tag über Modem mit einem Server im MIM in München, auf dem die Daten des Tages gespeichert werden. Die insgesamt sechs Messorte liegen auf der Zugspitze, auf dem Hohenpeissenberg sowie in München und Würzburg jeweils im Stadtzentrum und am Stadtrand.

Die routinemäßigen Messungen wurden im August 2000 auf der Zugspitze begonnen. Erste Ergebnisse von Strahlungstagen liegen bereits vor. Die UV-Indices, die z.B. am 23.9.2000 für die Richtungen direkt in die Sonne und vertikal (Elevation 0°) nach Süden (Azimut 195°) gemessen wurden, liegen um die Mittagszeit um 4 bzw. 3 UVI-Einheiten höher als jene auf die horizontal orientierte Fläche. Die vorwiegend vertikal ausgerichteten Oberflächen eines stehenden Menschen empfangen somit zu bestimmten Tageszeiten eine erheblich höhere erythemwirksame Strahlungsflussdichte als durch den UVI angegeben wird. Die UV-Albedo betrug während dieser Messungen ca. 45%.

Die Messdaten werden sowohl zur Weiterentwicklung von meteorologischen Strahlungsmodellen (STAR) als auch zur Quantifizierung der UV-Exposition des menschlichen Körpers verwendet.

DAS BIOKLIMA IN DER KLIMAFOLGENFORSCHUNG

Gerd Jendritzky, Gudrun Laschewski, Birger Tinz, Deutschland

Klimaänderungen wurden in der Regel über das Verhalten der Lufttemperatur diskutiert. Die thermischen Umweltbedingungen sind jedoch darüber hinaus abhängig von der Luftfeuchte, der Windgeschwindigkeit und der kurz- und langwelligen Strahlungsflüsse. Dies ist in der Klimafolgenforschung im Humanbereich, bei der es um die zukünftige Entwicklung des Bioklimas geht, zu beachten. Das Klima-Michel-Modell erfüllt mit der gefühlten Temperatur GT als beschreibender thermophysiologisch relevanten Größe (der Temperatur einer Standardumgebung mit gleichem Wärmeaustausch) diese Bedingung. Während sich der Mensch durch Verhaltensanpassung (Bekleidung, Behausung etc.) relativ gut auf Kältereize einstellen kann, ist Wärmebelastung in der Regel weniger leicht entrinnbar. Hitzewellen sind deshalb auch in gemäßigten Klimaten mit einer spürbar erhöhten Mortalität verbunden, wobei hiermit nur die "Spitze des Eisbergs" in der Bedeutung für die Gesundheit der Bevölkerung beschrieben wird.

Um einen Einblick in das Ausmaß der mit einer Klimaänderung verbundenen thermisch bedingten gesundheitlichen Risiken zu gewinnen, wurden Europa- und Weltkarten der Gefühlten Temperatur zu 12 Uhr mittlerer Ortszeit (MOZ) berechnet. Als Eingangsdaten standen Synop-Meldungen von knapp 1.000 Stationen aus Europa und den südlichen Mittelmeeranrainern (1966-1998) sowie Modelldaten der EZMWF-Reanalysen (1979-1993) und zweier Zeitscheiben des Hamburger Klimamodells ECHAM4 (1971-1980 bzw. 2041-2050) jeweils in der Auflösung T106 zur Verfügung. Als problematisch erweist sich die statistische Regionalisierung, d.h. die Verknüpfung der auf Beobachtungen beruhenden Europakarten mit den globalen Karten der Klimasimulation sowie der Bezug der Daten auf gleiche mittlere Ortszeit (12 MOZ) aus den im Abstand von 6 Stunden vorliegenden Modelldaten. Unter der Annahme, dass die gemäß ECHAM4 simulierte Klimaänderung tatsächlich eintritt, ergeben sich zwischen den Dezennien 1971-1980 und 2041-2050 regional und jahreszeitlich unterschiedlich, z.T. sehr deutlich ausgeprägte Änderungen der Gefühlten Temperatur, wobei die positiven Abweichungen deutlich dominieren. Für die auf der Basis solcher Szenarien abgeschätzte Änderung der Mortalität (ohne Adaptation) zeigen sich zum Beispiel im Juli insbesondere im westlichen Mittelmeerraum, aber auch in sog. gemäßigtem Klima Deutschlands substantielle Erhöhungen des Gesundheitsrisikos. Die Entwicklung und Implementierung von Hitzebelastungsvorhersageverfahren nach Vorbild der WMO/WHO/UNEP-Showcase Projekte mit lokalspezifischen Interventionsmaßnahmen wäre eine Maßnahme, um die Gesellschaft an die Änderungen im Bioklima anzupassen und damit die nachteiligen Auswirkungen auf die Gesundheit zu vermindern.

RETROSPEKTIVE PHÄNOKLIMATOLOGIE VON ROTBUCHEN AUF DER SCHWÄBISCHEN ALB

Amélie Kirchgäßner, Helmut Mayer, Deutschland

Vor Beginn der Nutzung von Waldflächen durch den Menschen machten Buchenwälder ca. Dreiviertel des Waldgebietes Mitteleuropas aus. Durch die Nutzung ursprünglich stark zurückgedrängt, wird heute jedoch wieder eine Erhöhung des Anteils buchendominierter Laubwälder an der Waldfläche Deutschlands angestrebt. Trotz ihrer großen Bedeutung für den mitteleuropäischen Naturraum sind die Kenntnisse über die Entwicklung von Buchenwaldökosystemen und die ihnen zugrunde liegenden ökologischen Prozesse noch gering.

Zwar besitzen buchendominierte Laubwälder eine hohe Anpassungsfähigkeit an unterschiedlichste klimatische Bedingungen; jedoch ist bisher nur unzureichend bekannt, welche Klimafaktoren - einzeln oder kombiniert - für die Entwicklung dieser Waldformation bestimmend sind und welche Auswirkungen sie zeigen. Im Hinblick auf die für Mitteleuropa, d.h. das Verbreitungsgebiet der Rotbuche, prognostizierten Klimaveränderungen sind diese Informationen von besonderem Interesse.

Am Meteorologischen Institut der Universität Freiburg werden innerhalb eines Verbundprojektes mit Instituten der Forstwissenschaftlichen Fakultät retrospektive Analysen langfristiger Klimadaten und phänologischer Daten der Rotbuche (Blattentfaltung, Blühbeginn, Fruchtreife, Blattverfärbung und Blattfall) zusammengeführt, um auf der Grundlage dieser Daten den langjährigen Einfluss von Klima und Witterung auf Buchenwälder in einem räumlich begrenzten Gebiet (50 km * 50 km) auf der Schwäbischen Alb zu untersuchen. Die Datenreihen stammen von Stationen des Deutschen Wetterdienstes im Untersuchungsgebiet und umfassen etwa die letzten 50 Jahre. Sie decken in etwa einen Höhenbereich von 500 m ü. NN bis 900 m ü. NN ab.

Neben einer Untersuchung der Klimadaten auf bereits erkennbare Trends sind zunächst die Reaktionen der Rotbuchen während ihrer Umtriebsphase auf die klimatischen Bedingungen und das Auftreten von witterungsbedingten Stresssituationen wie Spätfrost oder Trockenheit an den jeweiligen Standorten analysiert worden.

Es hat sich ergeben, dass im Untersuchungsgebiet verbreitet ein Trend zu einer Erhöhung des Jahresmittels der Lufttemperatur um bis zu 0,3 °C/Dekade zu beobachten ist. Die jährliche Niederschlagssumme hat sich um bis zu 33 mm/Dekade erhöht, wobei diese Erhöhung in den meisten Fällen auf eine Zunahme der Niederschlagsmenge in den Wintermonaten (bis zu 22 mm/Dekade) zurückzuführen ist. Bei der Anzahl der Niederschlagsereignisse pro Jahr ist jedoch kein einheitlicher Trend zu erkennen. Entgegen Vermutungen zeigt sich in den phänologischen Daten noch keine Reaktion auf diese Veränderungen des Klimas.

Der Erhöhung der Lufttemperatur steht also nur eine geringe Zunahme des Niederschlags im Sommer gegenüber, so dass die Buchen vermutlich zunehmend unter Trockenstress geraten werden, denn von den erhöhten Niederschlagsmengen im Winter können sie nicht profitieren. Führt der Anstieg der winterlichen Niederschlagsmengen in den Höhenlagen hingegen zu größeren Schneemengen, wird sich dort die Vegetationsperiode verkürzen.

Hinsichtlich der phänologischen Beobachtungen hat sich gezeigt, dass wöchentliche Beobachtungen nicht zur Erfassung von Trends in der Phänologie ausreichen. Zur hohen interannuellen Variabilität kommen Einflüsse, die auf beobachtungsstellenspezifische Unterschiede (Exposition, Bestandesstruktur, Bodenqualität, Wasserverfügbarkeit) zurückzuführen sind. Diese Faktoren können mögliche phänologische Trends überlagern.

METEOROLOGISCHE EXTREMWERTE IN DER REGION TRIER - LUFTEMPERATUR -

K. Licht, A. Helbig, Deutschland

Im Sonderforschungsbereich 522 "Umwelt und Region" werden im Teilprojekt B1 die Besonderheiten des Regionalklimas im Raum Trier untersucht, das durch das Moseltal und durch die Höhenzüge von Eifel und Hunsrück geprägt wird. Bezüglich meteorologischer Extremwerte und -ereignisse weist die Region mehrere sensible Bereiche auf. Dazu zählen hochwasserauslösende Niederschlagsperioden, aber auch Starkregen, Trocken- und Naßperioden sowie Frost bilden Gefährdungspotentiale für die Infrastruktur, Landwirtschaft, Forstwirtschaft und den Weinbau. Für die Mehrzahl der anderen Teilprojekte im SFB bilden die statistischen Beschreibungen der Strahlungs-, Lufttemperatur- und Niederschlagsverhältnisse Basis für die Arbeiten zum Energie- und Stoffhaushalt, zur Landnutzung, zur Schadstoffausbreitung und bei der Entwicklung von nachhaltigen Umweltmanagement - Strategien. Grundlage der Untersuchungen sind Klimabeobachtungen zunächst an den Stationen Trier - Petrisberg, Deuselbach und Hersdorf - Weissenseifen aus dem Zeitraum 1951 - 2000. Beispielhaft für die im Teilprojekt B1 laufenden Untersuchungen werden Ergebnisse bezüglich der Lufttemperatur dargestellt. Neben den mittleren Verhältnissen interessieren für die o.g. genannten Anwendungen vor allem die Extremwerte, die Überschreitungshäufigkeit von Schwellenwerten (u. a. Ereignistage), die Andauer vorgegebener Zustände (Kopplung mit anderen atmosphärischen Zustandsgrößen, z. B. Niederschlag, Luftfeuchte, Strahlung, Großwetterlagen) und deren zeitlichen Veränderungen.

FESTLEGUNG PFLANZENPHYSIOLOGISCH BEGRÜNDETER RICHTWERTE FÜR MAXIMALE BODENNAHE OZONKONZENTRATIONEN

Sandra Oद्या, Otto Stüdemann, Sabine Eckert, Dörte Krüger, Deutschland

Das Ziel der Ozonwirkungsforschung der AG Angewandte Meteorologie und Umweltsystemanalyse ist die Definition einer standortspezifisch noch zu akzeptierenden Ozonkonzentrationen. Die Bewertung wird unter Berücksichtigung der regional differenzierten Ozonkonzentrationen und der standortspezifischen potentiellen Schädigungen vorgenommen. Die Analyse der Ozonwirkung erfolgt auf den unterschiedlichen Organisationsstufen Zelle-Gewebe-Organ-Pflanze mit den ebenenbezogenen Untersuchungsmethoden.

Besondere Aktualität erfahren diese systembezogenen Untersuchungen durch das Vorhaben der EU, eine Richtlinie über den Ozongehalt der Luft auf Grundlage der von der WHO von 1979 (WHO, 1999) empfohlenen kritischen Ozonwerte für die Vegetation zu erarbeiten. Weiterhin erfolgt auf nationaler Ebene die Überarbeitung einer VDI-Richtlinie für maximale Immissionswerte zum Schutz der Vegetation (VDI 2310).

Folgende Ergebnisse können formuliert und vorgestellt werden:

1. Die tatsächliche phytotoxische Beurteilung sommerlicher Ozonkonzentrationen und damit die Festlegung eines Ozonrichtwertes bedarf der standort- und pflanzenspezifischen Formulierung eines pflanzenphysiologisch begründeten Richtwertes für irreparable Schädigungen des Assimilationsgewebes.
2. Die Frühindikation irreparabler ozonbedingter Schädigungen muß mikroskopisch erfolgen. Unabhängig davon, ob bereits ozonbedingte Biomasseverluste auftraten, können auf der histologischen und cytologischen Untersuchungsebene irreparable Effekte des Antioxidantienstoffwechsels identifiziert werden. Neben den ozonbedingten Veränderungen der Membransysteme kommt es innerhalb der Zelle zur frühzeitigen Bildung von charakteristischen Calciumoxalatstrukturen.
3. Makroskopisch und mikroskopisch treten ozonbedingte Schädigungen bereits unterhalb den von der EU für 2010 vorgeschlagenen Kurz- und Langzeitzielgrößen für die Vegetation (AOT40 von 200⁵ bzw. 500⁶ ppb über 5 Tage und 3.000 ppb über 3 Monate) auf, wie Untersuchungen an unbegasteten Freilandpflanzen sowie Ozonkammeruntersuchungen mit geringen, natürlich vorkommenden Ozonkonzentrationen mit *Nicotiana tabacum* L. Bel W3 und Bel B zeigten. Unter Berücksichtigung der tatsächlich absorbierten Ozonmengen (Immissions-Dosen), für die die Ozonkonzentration der Umgebungsluft nur ein Anhaltspunkt sein kann, ist eine Herabsetzung der pflanzenverträglichen Ozondosis auf einen AOT32,5 unerlässlich.

⁵ hohe Luftfeuchtigkeit

⁶ geringe Luftfeuchtigkeit

GEOGRAPHISCHES MUSTER PHYTOTOXISCHER EFFEKTE DES BODENNAHEN OZONS

Sandra Oद्या, Otto Stüdemann, Sabine Eckert, Dörte Krüger, Deutschland

Das geographische Muster der ozonbedingten Schadwirkungen ist das Ergebnis der Prozesse hochkomplexer Systeme unter Beteiligung aller Partialkomplexe der Geosphäre in einem geographisch definierten Raum (Pflanzenstandort). Die standörtlich differenzierte Dynamik der phytotoxischen Ozonwirkung hängt vom raum-zeit-strukturierten standortspezifischen Ozonwirkungspotential ab. Für den Nachweis des geographischen Musters phytotoxischer Ozoneffekte an der südlichen Ostseeküste wurde das Rostocker Hierarchische Ozonmonitoring entwickelt.

Die relevanten Prozesse für das Entstehen des phytotoxischen Ozonwirkungspotentials können innerhalb eines Systemrahmens dargestellt werden. Demnach ist das phytotoxische Ozonwirkungspotential abhängig von:

1. der Raum-Zeit-Variabilität des bodennahen Ozons als Funktion der Inventars und seiner Struktur hinsichtlich der Ozonbildung (räumlich Anordnung der anthropogenen und natürlichen Emittenten der Ozonvorläufergase, die räumlich-zeitliche Variabilität der meteorologischen Elemente sowie die hierarchisch geordneten Transportprozesse der Atmosphäre)
2. dem standortspezifischen Ozonwirkungspotential (Regulation des Ozoninfluxes) als Funktion der Dynamik von Standortfaktoren wie dem Wasserpotentialgradienten Boden-Wasser-Atmosphäre.
3. der pflanzenspezifischen Ozonsensibilität (Ozonschadwirkung) als Funktion der autökologischen Prädisposition und den kaum bekannten Wirkungen unterschiedlicher Reziprozitätsverhältnisse von Umweltfaktoren zu unterschiedlichen Entwicklungsphasen

Neben der Analyse dieses landschaftsökologischen Phänomens und seiner Prozeßstruktur ist die Festlegung subregionaler Ozonrisikowerte für naturräumliche Gliederungseinheiten der kleingekammerten nordostdeutschen Landschaft und den daraus resultierenden differenzierten Prozessen ein wesentliches Untersuchungsziel. Für eine mesochorische Klimasequenz in Nordostdeutschland (Großraum Rostock) werden beispielhaft für 6 Standorte die standortspezifischen Prozesse für die Ausprägung von ozonbedingten Schadwirkungen (Ozonindikatorpflanzen *Nicotiana tabacum* L. Bel W3) sowie die Schadeffekte vorgestellt. Die Regionalisierung des Schadwirkungspotentials erfolgt durch Generalisierung bzw. Klassifizierung der prozeßrelevanten Standortfaktoren hinsichtlich des Ozonwirkung. Ein Interpretationsschlüssel zur Beurteilung des Matrixpotentials des Bodenwassers als Steuergröße auf Grundlage des Inhaltes von Kartierungseinheiten der „Mittelmaßstäbigen landwirtschaftlichen Standortkarte“ liegt vor.

ABLEITUNG VON UV-STRAHLUNGSFLÜSSEN AM ERDBODEN FÜR DEN JULI UND AUGUST 1998 (BERLIOZ)

Christian Podlasly, Deutschland

Mit Hilfe des Auswerteverfahrens SESAT (Strahlungs- und Energieflüsse aus SATellitendaten, Berger 2000) und einer Erweiterung hinsichtlich der Spektralbereiche im Ultravioletten, konnten für Juli und August 1998 die Strahlungsflüsse am Erdboden, insbesondere die UV-Strahlungsflüsse, sowie die Wärmeflußdichten am Erdboden für das BERLIOZ Gebiet nahe Berlins berechnet werden. Das Auswerteverfahren SESAT selbst ist modular aufgebaut und hierarchisch strukturiert. Es erlaubt die Bestimmung von Wolkentypen, deren optischen und mikrophysikalischen Eigenschaften, die Bestimmung von Landoberflächeneigenschaften, wie Reflexionsvermögen, Emissionsvermögen, Rauigkeitshöhe und Blattflächenindex, die Berechnung der einzelnen Strahlungsflußkomponenten sowie einzelner Wärmeflußdichten. Für die Bestimmung der UV-Flüsse wurden zusätzliche Look-Up Tabellen für diesen Spektralbereich mit Hilfe intensiver Strahlungstransfersimulationen (mittels Streamer) erstellt.

Als Datengrundlage konnten NOAA-AVHRR Daten, d.h. ein bis zwei Satellitenüberflüge pro Tag, ausgewertet werden und die Strahlungs- und Energieflüsse mit einer räumlichen Auflösung von bis zu 1 km² bestimmt werden. Die Ergebnisse wurden mit Bodenmessungen validiert und die räumliche und zeitliche Variabilität untersucht und diskutiert. Zusammenhänge zwischen den einzelnen Flußdichten und dem Einfluß der Wolken werden darüberhinaus dargestellt.

RÄUMLICHES VERHALTEN VON PHÄNOLOGISCHEN DATEN IN MITTELEUROPA

Helfried Scheifinger, Elisabeth Koch, Christian Peter, Wolfgang Lipa, Österreich

Ein Datensatz von maximal etwas mehr als 6500 Stationen von Deutschland, Österreich, der Schweiz und Slowenien steht zur Analyse von phänologischen Daten zur Verfügung, wobei der überwiegende Teil der Daten aus Deutschland stammt. 19 verschiedene phänologische Phasen werden bearbeitet. Um einen ersten Eindruck des räumlichen Verhaltens zu gewinnen, wird folgendes multiples Regressionsmodell eingesetzt:

$$y = a_1 + a_2 \lambda + a_3 \varphi + a_4 z,$$

wobei y die abhängige Variable, das sind phänologische Mittelwerte aus einem Beobachtungszeitraum von mindestens 20 Jahren, $a_{1, \dots, 4}$ die Regressionskoeffizienten, λ die geographische Länge (Grad), φ die geographische Breite (Grad) und z die Stationshöhe (m MSL) darstellen. Die durch das Modell erklärte Variabilität (r^2) beträgt mindestens 40% und fällt bei manchen Phasen noch deutlich höher aus (z.B. *Syringa vulgaris* Beginn der Blüte erreicht 77%).

Die Kartendarstellung der Residuen des multiplen Regressionsmodells lassen ein schwaches räumliches Muster erkennen, wobei das Modell zu frühe Werte in höher gelegenen Teilen angibt und zu späte im Rheintal und anderen tiefer gelegenen Teile. Das räumliche Muster hängt von der Art der Phase ab, wobei Blühphasen, Blattaustrieb und Fruchtreife noch erkennbare räumliche Muster ergeben, Herbstphasen nur mehr räumliches Rauschen.

Mit Hilfe der räumlichen Kreuzvalidierung wird die Qualität der Ergebnisse der höhenreduzierter IDW (Inverse Distance Weighting) und des multiplen Regressionsmodells verglichen. Der Unterschied zwischen den beiden Verfahren, ausgedrückt als RMSE (Root Mean Square Error), erscheint vernachlässigbar. Die räumliche Autokorrelation phänologischer Daten muss daher sehr gering sein. Die Werte einer Station sagen wenig über die der nächstgelegenen Nachbarstation aus. Interpolation ist offenbar wenig sinnvoll. Die räumlichen Muster der Residuen verschwinden durch Anwendung des höhenreduzierten IDW Verfahrens.

Die Empfindlichkeit der Interpolation auf Variationen der Steigung der Höhenabhängigkeit ist gering. Für ‚*Syringa vulgaris* Beginn der Blüte‘ beispielsweise sind die Unterschiede der Kreuzvalidierung des Interpolationsverfahrens für Werte der Steigung zwischen 0.02 und 0.04 Tage/m gering.

Für die weiteren Untersuchungen werden die Phänologiedaten an den Gitterpunkten eines Gitters mit 0.2 Grad Auflösung mit dem höhenreduzierten IDW Verfahren interpoliert. Für jeden Gitterpunkt wird aus Nachbarstationen eine Höhenabhängigkeit abgeleitet. Streudiagramme zwischen r^2 und Steigung an den Gitterpunkten zeigen, dass mit zunehmendem r^2 die Steigung zunimmt und sich der Wertebereich der Steigung verringert.

Um herauszufinden, ob durch eine Unterteilung des gesamten Gebietes in Unterregionen eine Verbesserung der Interpolation zu erzielen ist, werden die räumliche Verteilung von r^2 , des Interpolationsfehlers (RMSE) und der Steigung der Höhenabhängigkeit, die ein zentraler Bestandteil der Parametrisierung der phänologischen Phasen darstellt, miteinander verglichen. Es stellt sich heraus, dass keine räumliche Differenzierung der Parametrisierung der phänologischen Phasen durch die Höhenabhängigkeit möglich ist. Es wird für das gesamte Gebiet ein einziger Wert für die Steigung verwendet.

DER GESAMTOZONGEHALT DER ATMOSPHÄRE ALS EINGANGSPARAMETER FÜR DIE BERECHNUNG DER BIOLOGISCH-EFFEKTIVEN UV-STRAHLUNG: ANALYSE DER RÄUMLICHEN UND ZEITLICHEN VARIABILITÄT

A.W. Schmalwieser, G. Schauburger, S. Simic, P. Weihs, Österreich, M. Janouch,
K. Vanicek, Tschechische Republik

Neben der Sonnenhöhe ist der Gesamtozongehalt der Atmosphäre (TOC) der wichtigste Eingangsparameter für Modellrechnungen der biologisch-wirksamen ultravioletten Strahlung für wolkenlosen Himmel, sowie für Kalibrierungen von UV-Breitbanddetektoren (UV-Biometern).

Zur Datenanalyse wurden Satelliten- und Bodenmessungen des TOC über Mitteleuropa herangezogen. Der flächendeckende Datensatz stammt vom „Earth Probe“ Satelliten der NASA. Ein zweiter Datensatz wurde am Sonnblick mit einem Spektralradiometer (Brewer MKIV) gewonnen. Ebenfalls von einem Brewer MKIV stammt der dritte Datensatz, der am „Solar and Ozone Observatory“ (SOO) in Hradec Kralove, Tschechien gemessen wurde. Die Datensätze decken den Zeitraum zwischen 1997 und 2000 ab.

Zur räumliche und zeitliche Analyse der Datensätze wurden unter anderem die zeitlichen bzw. räumlichen Korrelationskoeffizienten (KK) berechnet, an die exponentielle Modelle mit 2 Koeffizienten angepaßt wurden. Die räumliche Anpassung erfolgte getrennt für Nord-Süd und Ost-West Richtung. In beiden Fällen nimmt die KK sehr rasch ab und erreicht bereits in einer Entfernung von 180km (O-W) bzw. 145km (N-S) einen Wert von $1/e$; bei 400km ist die KK bereits auf den Wert 0 abgesunken. Betrachtet man die Variabilität von TOC Werten für eine Entfernung von 100km, so können Variationen von bis zu 18% erreicht werden; im Mittel etwa 2%.

Für die zeitliche Analyse wurden die KK bis zu einem zeitlichen Abstand von 400 Tagen berechnet. Innerhalb der ersten 9 Tage sinkt der KK auf ein Niveau von $1/e$. Bei 90 Tagen wird ein Wert von 0 erreicht, bei 182 Tagen das Minimum von $-1/e$. Danach steigt der KK wieder und erreicht $1/e$ bei etwa 365 Tagen.

Die Veränderungen des TOC von Tag zu Tag wurden anhand der Datensätze vom Sonnblick und vom SOO untersucht. Diese Veränderungen können bis 25% erreichen und betragen im Mittel 3%.

Aus der Korrelationsanalyse geht hervor, daß die Änderungen mit dem Längengrad etwas höher sind als mit dem Breitengrad. Vergleicht man die zeitliche und die räumlichen De-Korrelationsdistanzen ($1/e$) miteinander so entspricht die zeitliche De-Korrelationsdistanz von 9Tagen einer räumlichen von 145km bzw. 180km. Dieser Vergleich zeigt, daß für die Verwendung von TOC Werten eine hohe räumliche Auflösung notwendig ist, um entsprechend genaue Berechnungen bzw. Kalibrierungen zu erzielen. Die zeitliche Änderungen können zwar 25%/24 Stunden erreichen, sind aber im Mittel so gering, daß sie keinen beachtenswerten Einfluß haben.

DIE BEWÖLKUNGS PROGNOSE ALS EINGANGSPARAMETER FÜR DIE UV INDEX PROGNOSE

A.W. Schmalwieser, G. Schauburger, H. Dobesch, Österreich

Die Bewölkung ist der wichtigste Parameter für die Stärke der UV Strahlung an der Erdoberfläche. Seit 1995 wird in Österreich tägliche eine weltweite Prognose der erythem-wirksamen UV-Strahlung für wolkenlosen Himmel erstellt. Prognostiziert wird der Tageshöchstwert in Einheiten des UV-Index (UVI), sowie der Tagesdosis in Einheiten von UV-Index-Stunden (UVIh). Nach den Empfehlungen internationaler Organisation (ICNIRP, WHO, WMO) sollte die Bewölkung in die UV-Index Prognose eingebunden werden. In dieser Arbeit wurde für den Standort Wien, untersucht, ob die Einbindung einer Bewölkungsprognose sinnvoll im Sinne von Strahlungsschutz und Gesundheitsvorsorge ist. Dazu wurden 2 verschiedene Bewölkungsprognosen verwendet. Den ersten Prognosedatensatz lieferte das, an der ZAMG entwickelte, AustroMOS, der zweite stammt vom ECWMF. Mit Hilfe von Bewölkungsbeobachtungen wurden diese beiden Vorhersagemodelle validiert. Die Trefferquote (1/8) liegt für beide Modelle bei 30%, allerdings können die Prognosefehler $\pm 8/8$ erreichen.

Aus den Bewölkungsbeobachtungen und Messungen des UV Index (SL 501) wurden Abschwächungskoeffizienten in Abhängigkeit des Bewölkungsgrades abgeleitet und in das österreichische UV Prognosemodell involviert. Um den Einfluß der Bewölkungsprognose auf die Genauigkeit der UV Prognose zu eruieren wurden sowohl UV Prognosen für wolkenlosen als auch UV Prognosen mit inkludierter Bewölkungsprognose durch Vergleich mit UVI Messungen validiert.

Für den UVI verschlechterte sich die Qualität der Prognose (Absinken der Trefferquote, Zunahme der Unterschätzungen) durch die eingebundene Bewölkungsprognose. Neben der prinzipiell hohen Unsicherheit der Bewölkungsprognose kommt beim UVI auch noch die nicht vorhersagbare, zeitweise Abdeckung der Sonnenscheibe durch Wolken zu tragen.

Für die Prognose der Tagesdosis konnte im Vergleich zur Prognose für wolkenlosen Himmel die Trefferquote um 10% erhöht werden und die Anzahl der Unterschätzungen gleich gehalten werden. Für die Prognose der Tagesdosis ist daher eine Einbindung einer Bewölkungsprognose möglich und sinnvoll im Sinne von Gesundheitsvorsorge und Strahlenschutz.

UNTERSUCHUNGEN DER CHARAKTERISTIKA DER SPEKTRALEN UV-STRAHLUNG AUF DEM HOHEN SONNBLICK (3106 NN)

S. Simic, P. Weihs, G. Rengarajan, W. Mikielewicz, Wolfgang Laube,
H. Kromp-Kolb, Österreich

Das Verständnis der am Erdboden ankommenden UV-Strahlung ist aufgrund der Schäden, welche die ultraviolette Strahlung an der menschlichen Haut, den Augen oder an Pflanzen und Materialien verursachen kann, von großem allgemeinen Interesse.

Zielsetzung der vorliegenden Arbeit ist die Untersuchung des UV-Strahlungstransfers durch experimentelle und theoretische Methoden. Die Zunahme der UV-Strahlung mit der Höhe wurde mit Hilfe von Modellrechnungen und aus dreijährigen Messungen an den Messstationen in Grobenzersdorf (156 m ü. NN) und Hohem Sonnblick (3106 m ü. NN) ermittelt. Die Messungen wurden mit identischen Geräten (Bentham-Spektrophotometer) an beiden Station durchgeführt. Mit Hilfe von Modellrechnungen wurden die Beiträge der einzelnen Parameter an der Zunahme der UV-Strahlung mit der Höhe quantifiziert. Weiters wurde der Einfluss der Bewölkung auf die UV-Bestrahlungsstärke gezeigt. Diese Untersuchungen haben als Ziel, den Zusammenhang zwischen Bedeckungsgrad und UV-Strahlung zu erfassen, um für eine Parametrisierung des Bewölkungseinflusses in Strahlungsmodellen eingesetzt werden zu können. Der Einfluss von Wolken unterhalb des Gipfelniveaus und die lokale Erhöhung der Strahlung bei bewölkten im Vergleich zu wolkenlosem Himmel werden gezeigt.

METHODOLOGIE FÜR DIE ABLEITUNG SUBREGIONALER PFLANZENPHYSIOLOGISCH RELEVANTER OZONRISIKOWERTE

Otto Stüdemann, Sandra Oद्या, Sabine Eckert, Deutschland

Kenntnisse über die räumliche Heterogenität und die zeitliche Variabilität der Konzentrationen des bodennahen Ozons reichen nicht aus, um das pflanzenart- und standortspezifische Ozonwirkungspotential quantifizieren zu können. Das aktinische und thermische Potential der Atmosphäre, das Bodenwassermatrixpotential und der pflanzliche Stoffwechselstatus bestimmen den Ozoninflux über die Stomata der Pflanze. Dieser Tatsache entsprechend muß für eine **Umweltsystemanalyse** ein Systemrahmen definiert werden. Nach diesem Systemrahmen werden unter Einbeziehung des Inventars (Inhalt, Kontrast, Anordnung, gesetzmäßige Vergesellschaftung) der Partialkomplexe der Geosphäre die funktionsbezogenen Prozeßstrukturen entwickelt. Hierarchische Hypothesensysteme sind Grundlage für die Ableitung von Strukturen, Prozeßsequenzen und emergenten Prozessen als Grundlage der Forschungsplanung. In dieser Phase der Forschung sind Zusammenstellungen über Gültigkeitsbereiche der Prozesse, Prozeßräume, zeitliche Strukturen der Prozesse und vor allem Methoden zu prüfen oder zu entwickeln, um Effekte prozeßauslösender und -steuernder Größen zu definieren und den jeweiligen Prozeßebenen zuzuordnen.

Bei Akzeptanz unterschiedlicher Paradigmen und spezieller Forschungsansätze einzelner Wissenschaftsgebiete gelten die axiomatischen Grundlagen der Landschaftsforschung für die Durchführung einer Analyse von Systemveränderungen durch das bodennahe Ozon. Durch das Zusammenführen axiomatischer Grundlagen und der Theorien eines **metrischen Scalings** und eines **Prozeßscalings** entstehen Handlungsanweisungen für die Durchführung der Multiscale-Analysis. Sie umfaßt Elementarprozesse (z. B. Molekularebene), physisch-geographische Prozesse (z. B. luftgebundene Transporte), biogeographische und populationsdynamische Prozesse (z. B. Veränderungen der Biodiversität) und der Prozeßsequenzen, die zu landschaftsökologischen Phänomenen führen.

Das Erkennen funktionsbezogener und partialkomplexbezogener Prozeßstrukturen ermöglicht die Erstellung von:

1. **Klassifikationsschema der Prozeßanalyse** (Genese, Dimension, Konstellation, Funktion, Regulation),
2. **Scalenschema luftgebundener Transporte** (Prozeßraum, klimagenetische und klimamodifizierende Zusammenhänge, scalenbezogene Forschungsmethoden für Ozonvorläufergaspotentiale und Chemie-Transport-Modelle),
3. **Übersicht der Effekte ozonbedingter Prozesse und Prozeßsequenzen** für die organismischen Organisationsstufen Zelle, Gewebe, Organ, Pflanze.

Funktions- und partialkomplexbezogene Prozeßstrukturen sind die Grundlage für die richtige Anwendung von Regionalisierungsverfahren und die kausalitätsbezogene Modellierung. Eine räumliche Interpretation der Ergebnisse von Interpolationsverfahren (z. B. Kriging) und Datengruppierungen (z. B. disjunkte hierarchische Clusteranalysen) ist kausal nicht möglich, wenn die Prozeßräume unbekannt sind oder die Fusionierung auf einem Zeilen-Matrix-Niveau nicht der Prozeßhierarchie entspricht. Für die Anwendung statistischer Simulationen (z. B. Fuzzy-Modelle) liegen bereits verallgemeinerungsfähige Erkenntnisse vor.

Die wissenschaftlichen Teilergebnisse und der methodische Gewinn wurden zur Ausarbeitung des Rostocker hierarchischen prozeßorientierten Ozonmonitorings (**RHOM**) genutzt. Mit Hilfe dieses Monitorings konnte ein **neuer pflanzenphysiologisch relevanter Ozonrisikowert auf Grundlage irreparabler zellulärer Schädigungen** bestimmt werden. Die abgeleiteten AOT_{32,5} liegen für den Bereich einer mesochorischen Klimasequenz mit verschiedenen Landschaften statistisch gesichert vor.

EINFLUSS DER BODENREFLEXION AUF DIE UV-BESTRAHLUNGSSTÄRKE AUF GENEIGTEN FLÄCHEN

P. Weihs, Österreich

Die auf geneigte Flächen (Körperteile von Tieren oder Menschen) einfallende UV Strahlung besteht aus drei Strahlungskomponenten: aus der direkten, der diffusen und der vom Boden reflektierten Strahlung.

Die auf geneigte Flächen einfallende UV-Bestrahlungsstärke wurde bereits in mehreren Studien untersucht. Wenige dieser Arbeiten untersuchten aber die auf geneigte Flächen bei höherer Bodenreflexion einfallende UV-Bestrahlungsstärke.

Diese wenigen Untersuchungen zeigten aber, dass die Erhöhung der Bodenreflexion eine starke Erhöhung der auf nicht horizontale Flächen einfallenden UV-Strahlung verursachen kann. Aspekte die kaum bis überhaupt nicht betrachtet wurden sind: der Einfluss der Bodenreflexion auf die empfangene UV Dosis in gebirgigem Gelände sowie der Einfluss von spiegelnder Reflexion auf die empfangene UV-Dosis.

In dieser Arbeit wird mit Hilfe eines 3-D Strahlungsmodells die auf geneigte Flächen einfallende UV-Strahlung als Funktion von Neigungswinkel, von Sonnenzenitwinkel und Sonnenazimutwinkel berechnet. Die UV-Strahlungsintensität wird für verschiedene Bodenalbedos und für verschiedene topographische Lagen berechnet. Letztlich wird der Einfluss von spiegelnder Reflexion untersucht. Aus diesen Untersuchungen kann eine genauere Bestimmung der tatsächlichen UV Belastung für Menschen und Tieren über Schneefelder durchgeführt werden.

STICKOXID- UND OZONFLÜSSE ZWISCHEN ATMOSPHERE UND UNTERSCHIEDLICHEN LANDOBERFLÄCHEN - EIN BEISPIEL AUS DER REGENWALDRODUNG

Franz X. Meixner, Deutschland

Im Rahmen des internationalen LBA-Experimentes ("Large Scale Biosphere Atmosphere Experiment in Amazonia") wurden Energie- und Stoffflüsse (NO, NO₂, O₃) im April/Mai 1999 ("wet-to-dry season-transition") und im September/Oktober 1999 ("dry-to-wet season-transition") gemessen. Für die Untersuchungen wurden zwei, für die brasilianische Provinz Rondonia repräsentative Ökosysteme ausgewählt, ein primärer Regenwald ("Reserva Biologica Jaru") und eine, durch Brandrodung vor 22 Jahren entstandene Weidefläche ("Fazenda Nossa Senhora da Aparecida").

Das Messkonzept wurde auf das Studium der den Flüssen zugrundeliegenden Prozesse ausgerichtet. Diese Prozesse - mikrobiologische Produktion von Spurengasen im Boden, diffusiver Transport im Boden, turbulenter Transport im und über dem Bestandsraum des Regenwaldes (sowie über der Weidefläche), trockene Deposition der Spurengase an Vegetationselementen, (photo-)chemische Reaktionen zwischen den Spurengasen - laufen in vergleichbaren Zeitbereichen ab und müssen daher zusammenhängend meßtechnisch erfaßt werden. Die Beachtung entsprechender Wechselwirkungen hat sich für die Auswertung und Interpretation der Meßergebnisse als zwingend erwiesen.

Die technische Realisierung des Konzeptes umfaßte Messungen (a) des Gradienten der Bodenluftkonzentrationen, (b) der Bodenflüsse mit dynamischen Kammern, (c) der vertikalen Gradienten von Temperatur und Konzentrationen, (d) der turbulenten Energie- und Stoffflüssen ("eddy covariance") innerhalb und oberhalb des Regenwaldbestandes. Die Messungen am Weidestandort wurden den dortigen Verhältnissen entsprechend angepaßt.

Biogene NO-Emissionen aus dem Weideboden sind erheblich niedriger (0-3 ng N/(m² s)) als die entsprechenden Flüsse aus dem Waldboden (0-20 ng N/(m² s)). Ein deutlicher Einfluss der Bodenfeuchte und -temperatur wurde nur für den Regenwaldboden beobachtet. Weitere Hinweise zur biogenen NO-Emission konnten durch parallel durchgeführte Laboruntersuchungen an entsprechenden Bodenproben gewonnen werden.

Die Ergebnisse der NO-, NO₂- und O₃-Profilmessungen im Regenwald zeigen, dass während des Tages nur ein sehr kleiner Teil des vom Waldboden emittierten NO überhaupt in die Atmosphäre über dem Bestand entweichen kann. Bei stabiler thermischer Schichtung am Waldboden (und demzufolge geringem vertikalen Austausch) reagiert das meiste NO mit dem (von oben eingemischten) O₃ zu NO₂, welches dann teilweise an Vegetationselementen deponiert bzw. aus dem Bestand emittiert wird. Dahingegen herrscht während der Nachtstunden am Waldboden instabile thermische Schichtung vor, was den turbulenten NO-Transport in höhere Bestandesschichten begünstigt. Bei im allgemeinen sehr niedrigen nächtlichen O₃ Konzentrationen kann dann das vom Waldboden emittierte NO mit nur geringen chemischen Verlusten den Bestand verlassen.

DAS ENERGIEBILANZEXPERIMENT EBEX-2000

Th. Foken, C. Bernhofer, Deutschland, R. Vogt, Schweiz, S. P. Oncley, W. Kohsiek,
H. Liu, A. Pitacco, D. Grantz, L. Riberio

Untersuchungen der letzten 10 Jahre haben gezeigt, dass experimentelle Daten der Komponenten der Energiebilanz am Erdboden die Energiebilanz nicht schließen. Im Ergebnis eines Workshops 1994 in Grenoble (Foken und Oncley, 1995) wurden in den Folgejahren Möglichkeiten eines Experimentes diskutiert, bei dem möglichst markante Einflussfaktoren näher untersucht werden sollten. Dieses internationale Experiment mit Teilnehmern aus Deutschland, Italien, Hong Kong, Niederlanden, Portugal, Schweiz und USA zur Untersuchung der Energiebilanz am Erdboden fand im Juli und August 2000 nahe Fresno in Kalifornien statt. Schwerpunkt des Experimentes war somit die Fragestellung, warum mikrometeorologische Messungen der einzelnen Terme der Energiebilanzgleichung (fühlbarer und latenter Wärmestrom, Strahlungsbilanz, Bodenwärmestrom und -speicherung) oftmals zu keiner Schließung der Gesamtbilanz führen. Üblicherweise können nur 70-90 % der Strahlungsbilanz geschlossen werden. Entsprechend den Diskussionen einer internationalen Arbeitsgruppe wurde ein geschlossener Bestand mit hoher Verdunstung für die Untersuchungen ausgewählt: Ein bewässertes Baumwollfeld im San Joaquin Tal in Kalifornien. Die typischen meteorologischen Bedingungen waren ein wolkenloser Himmel mit leichten nördlichen Winden und Verdunstungsraten bis zu 0.6 mm h^{-1} (400 Wm^{-2}). Das experimentelle Design war eine Anordnung von zehn mikrometeorologischen 10-m-Türmen in einem Abstand von 200 m mit typischen Windwirklängen (fetch) von mehr als 400 m. Weiterhin wurden die eingesetzten Turbulenzmessgeräte unterschiedlicher Bauart in einem speziellen Experiment am Anfang der Messperiode verglichen. Es wurde eine Schließung der Energiebilanz von 80 to 95 % gefunden. Erste Ergebnisse werden vorgestellt und Ursachen für die scheinbar nicht geschlossene Energiebilanz am Erdboden diskutiert.

Literatur:

Foken, T., Oncley, S. P., 1995. Results of the workshop 'Instrumental and methodical problems of land surface flux measurements'. Bull. Am. Meteorol. Soc., 76: 1191-1193.

LANDOBERFLÄCHENPROZESSE ÜBER HETEROGENER UNTERLAGE: ERGEBNISSE AUS DEM LITFASS - PROJEKT DES DEUTSCHEN WETTERDIENSTES

Frank Beyrich, Ko-Autoren, Deutschland

Im Rahmen des Konzeptes "Observation und Simulation" des DWD wurde zur Entwicklung und Validierung von Parametrisierungen für Landoberflächen- und Grenzschichtprozesse in den Modellen der Numerischen Wettervorhersage in den zurückliegenden Jahren im Rahmen des Projektes LITFASS ('LindenberG Inhomogeneous Terrain - Fluxes between Atmosphere and Surface: a Long-term Study') ein Instrumentarium geschaffen, das der Bestimmung der Austauschströme von Impuls, fühlbarer Wärme und Wasserdampf zwischen der Atmosphäre und der Erdoberfläche über einer heterogenen Landoberfläche dient, wobei die abgeleiteten Flüsse repräsentativ für eine Fläche der Größenordnung von $10 \times 10 \text{ km}^2$ sind. Wesentliche Komponenten dieses Instrumentariums sind:

- das nicht-hydrostatische LITFASS-Lokal-Modell (LLM) mit der Gitterweite von ca. 100 m,
- Messnetze zur Untersuchung der Variabilität mikrometeorologischer Größen innerhalb eines Gebietes von etwa $20 \times 20 \text{ km}^2$ in der Umgebung des Meteorologischen Observatoriums Lindenberg,
- ein spezielles Messfeld für die experimentelle Untersuchung von Landoberflächen- und Grenzschichtprozessen mit einem 99m-Mast
- Scintillometer-Verfahren zur direkten Abschätzung räumlich repräsentativer Werte für die turbulenten Flüsse,
- der Aufbau einer Datenbank als Schnittstelle zwischen experimentellen und Modellaktivitäten.

Zur Erprobung der im Rahmen des Projektes entwickelten Mess- und Modellstrategie wurde im Mai/Juni 1998 in Kooperation mit einer Reihe deutscher und ausländischer Partner (u.a. GKSS, KNMI, DLR, Universitäten Wageningen, Dresden, Hannover, Bayreuth, Hamburg) das Feldexperiment LITFASS-98 durchgeführt. In den letzten beiden Jahren wurden die wesentlichen Komponenten von LITFASS in einen quasi-operationellen Messbetrieb überführt.

Im Vortrag werden einige ausgewählte Ergebnisse des LITFASS-98 Experimentes und der seither durchgeführten Langzeit-Messungen präsentiert und diskutiert. Es wird u.a. gezeigt, dass

- die Variabilität der meteorologischen Antriebsgrößen (Globalstrahlung, Niederschlag) innerhalb des Untersuchungsgebietes auch über "längere" Zeiträume (Tagessummen der Globalstrahlung, Monatssummen des Niederschlages) typischerweise 10-30 % beträgt,
- die turbulenten Flüsse von Impuls und fühlbarer Wärme signifikante Differenzen zwischen den einzelnen Landnutzungsformen aufweisen, die auch für verschiedene Typen niedriger Vegetation eine Größenordnung von 10-25 % erreichen können,
- Messungen mit einem Large-Aperture-Scintillometer die Abschätzung regional repräsentativer Werte für den turbulenten Wärmefluss auch über heterogener Landoberfläche gestatten.

VERTIKO - EIN FORSCHUNGSVERBUND ZUR BEDEUTUNG KLEINRÄUMIGER HETEROGENITÄTEN IN DER ATMOSPHÄRENFORSCHUNG (ZIELE UND ERSTE ERGEBNISSE)

Ch. Bernhofer, V. Goldberg, F. H. Berger, B. Köstner, G. Spindler, H. Mayer, L. Jaeger, T. Foken, J. D. Tenhunen, E. Falge, G. Gebauer, G. Gravenhorst, J. Matschullat, F. Beyrich, G. Adrian, U. Dämmgen, H.-J. Weigel, K. Butterbach-Bahl, A. Raabe, S. Raasch, J. Bange, Deutschland, R. Vogt, Schweiz

Der Vertikaltransport in der Troposphäre und die mit ihm verbundenen Energie- und Stoffflüsse haben ihre wesentlichen Quellen und Senken an der Erdoberfläche. Diese Quellen und Senken treten auf allen Raum- (Mikro- bis Makro-) und Zeitskalen ("Wetter" bis "Klima") in Wechselwirkung mit der atmosphärischen Grenzschicht, beeinflussen den Austausch von Impuls, Energie, Wasser- und Spurenstoffen. Ihr Verständnis und ihre Berücksichtigung in Modellen beruht auf der korrekten, d.h. "skalentreuen" Parameterisierung von Prozessen der Biosphäre, Pedosphäre und Hydrosphäre.

Die relevanten Landoberflächenprozesse, wie Impuls-, Strahlungs- und Wärmeaustausch, Verdunstung, Stickstoff- und Kohlendioxidflüsse oder die Produktion von VOC sind heute, zumindest in ihren Grundlagen, durch eine skalenübergreifende Kette von Untersuchungsmethoden - vom Blatt bis zum Einzugsgebiet - prinzipiell zugänglich. Aus unserer Sicht gibt es jedoch wesentliche Lücken, die u.a. durch die in VERTIKO geplanten Beiträge zur Atmosphärenforschung geschlossen werden sollen. Dazu gehören:

- Kontinuierliche Beobachtungen von Impuls-, Energie- und Stoffflüssen
- Aerodynamisch raue Landoberflächen wie Wälder und Städte
- Komplexe Landschaften mit hohen advektiven Beiträgen
- Verknüpfung von Bodenmessung und Fernerkundung
- Berücksichtigung der Biosphäre
- Koppelung von Landoberflächenprozessen und Atmosphärenmodellen

Im Rahmen von VERTIKO werden die obigen Punkte durch eine Kette von Beobachtungen in einem Beispielsgebiet zwischen Erzgebirgskamm und dem Spreewald untersucht. Dabei werden Dauermessungen an Ankerstationen mit Messkampagnen und Fernerkundungsmethoden kombiniert. Durch eine Modellhierarchie von SVAT (Soil Vegetation Atmosphere Transfer) Schemata über Grenzschichtmodelle bis mesoskaligen Modellen sollen die Beiträge kleinräumiger Heterogenitäten in die typische räumliche Auflösung mesoskaliger Atmosphärenmodelle übertragen werden. Damit soll VERTIKO einen wesentlichen Beitrag zu dem Komplex „Oberflächen-Atmosphäre Wechselwirkungen“ im Rahmen des Forschungsprogramms AFO2000 des deutschen Bundesministeriums für Bildung und Forschung leisten.

Gemeinsames Ziel von zwölf deutschen und einer Schweizer Institution ist es, die **Vertikaltransporte in der Grenzschicht als Flächenmittel über inhomogenem Gelände zu messen und zu modellieren**. Es werden Grundlagen und erste Ergebnisse aus dem Forschungsverbund VERTIKO vorgestellt.

RÄUMLICHE VARIABILITÄT TURBULENTER PARAMETER VON LUFTSTRÖMUNGEN ABGELEITET ÜBER EIN VERFAHREN DER AKUSTISCHEN LAUFZEIT TOMOGRAPHIE

A. Raabe, A. Ziemann, K. Arnold, Deutschland

Experimenten zur Bestimmung turbulenter Flüsse zwischen Atmosphäre und Landoberfläche müssen mit der Schwierigkeit fertig werden, dass die an wenigen Meßpunkten erhobenen Daten nur dann repräsentative Mittelwerte für größere Gebiete liefern, wenn solche Randbedingungen wie horizontale Homogenität der Unterlage und Stationarität während des Mittelungszeitraums der Messungen wenigstens angenähert eingehalten werden.

Von Interesse ist hier ein Meßverfahren, das die üblicherweise an Punkten erhobenen Daten in Beziehung zu ihrer nicht immer horizontal homogenen Umgebung setzt, um so eine Bewertung deren Repräsentativität für größere Flächen zu ermöglichen.

Das am Institut für Meteorologie der Universität Leipzig entwickelte Verfahren der akustischen Laufzeit tomographie kann aus Schallgeschwindigkeitsmessungen die horizontale Variabilität des bodennahen Windfeldes und Lufttemperaturfeldes darstellen. Typischer Weise überspannt die Meßanordnung eine Fläche von 300m * 300m in deren Zentrum sich z.B. konventionelle meteorologische Meßstationen befinden. Die tomographische Methode liefert eine Unterteilung der Gesamtfläche in Einzelflächen von 50m*50m so daß über den Beobachtungszeitraum hinweg im Abstand von einer halben Minute innerhalb der Gesamtfläche die ortsbezogene Variabilität von Windgeschwindigkeit bzw. Lufttemperatur darstellbar ist. Für diese Teilflächen lassen sich dann statistische Parameter wie Mittelwerte, Streuungen, Schiefe und Exzeß sowie spektrale Charakteristiken angeben. Unterschiede zwischen den Teilflächen sind als Gradienten darstellbar. Diese geben Auskunft über die im Meßgebiet auftretenden Abweichungen von der horizontalen Homogenität.

Die Ergebnisse eines solchen Tomographieexperimentes (Lindenberg 1999) werden vorgestellt. Es zeigt sich, dass die experimentell ermittelten horizontalen Gradienten im Lufttemperaturfeld und die gleichzeitig beobachteten Schließungslücken in parallel zum Tomographieexperiment ausgeführten Energiebilanzmessungen korreliert sind.

TURBULENZSTRUKTUR ÜBER FLÄCHEN UNTERSCHIEDLICHER RAUHIGKEIT UND KOMPLEXITÄT

E. van Gorsel, A. Christen, R. Vogt, Schweiz

Anhand dreier Datensätze, die über einem Baumwollfeld (Foken et al., 2001), einem Kiefernwald in flachem Gelände (Vogt, 1995) und einem alpinen Laubwald (Rotach et al., 2000) erhoben worden sind, wird ein statistischer Vergleich turbulenter Größen über Flächen unterschiedlicher Rauigkeit und Komplexität gemacht.

Verschiedene Studien haben gezeigt, dass das Windfeld über bewaldeten Flächen mehrere ‚universelle‘ Eigenschaften aufweist. Das mittlere Windprofil weist nahe des Kronenbereichs einen Wendepunkt auf. Durch diesen wird eine Instabilität eingeführt, welche die Turbulenzstruktur innerhalb des Bestandes kontrolliert. An bewaldeten Hängen findet sich ein weiteres Maximum im Stammbereich. Dieses wird durch die thermisch induzierten Hangauf- und abwinde hervorgerufen. Letztere sind sowohl in Stärke als auch in Richtung sehr persistent. Mit zunehmender Höhe über Grund wird das Hang- vom Talwindssystem überlagert, was zu Richtungsscherungen führt. Diese bewirken einen nicht vernachlässigbaren lateralen Impulstransport. Über dem Kronenbereich wird der Impulstransport von ‚ejection-sweep‘ Zyklen dominiert. Mit abnehmender Höhe gewinnen jedoch Interaktionsterme an Bedeutung, welche den Gesamtimpulstransport vermindern.

Mittels Quadrantenanalyse, Fourier- und Waveletspektren können weitere Informationen über und die dominanten Zeit- und Längenskalen und die turbulenten Austauschprozesse gewonnen werden. Diese werden in Bezug auf die unterschiedliche Komplexität der Unterlage diskutiert.

Literatur:

Oncley, S. P., Foken, Th., Vogt, R., Bernhofer, C., Kohsiek, W., Liu, H., Pitacco, A., Grantz, D., Riberio, L. (2001): Das Energiebilanzexperiment EBEX-2000., *DACH-MT 2001*

Rotach, M.W., Calanca, P., Vogt, R., Steyn, D.G., Graziani, G. and Gurtz, J. (2000): The turbulence structure and exchange processes in an alpine valley: the MAP-Riviera project. 9th Conference on Mountain Meteorology, *Aspen CO, August 7 to 11 2000, paper J1.1*

Vogt, R. (1995): Theorie, Technik und Analyse der experimentellen Flussbestimmung am Beispiel des Hartheimer Kiefernwaldes, *Ph.D. thesis, University of Basel, Basel*

**CO₂-AUSTAUSCHPROZESSE ÜBER EINEM FICHTENBESTAND ANHAND
VON ¹³C- UND CO₂-FLUSSMESSUNGEN UND WAVELETANALYSEN**

B. Wichura, N. Buchmann, Th. Foken, Deutschland

Mit Hilfe von kombinierten Messungen turbulenter Flüsse des stabilen Kohlenstoffisotops ¹³C und von Kohlendioxid (CO₂) können sowohl die Prozesse des CO₂-Austauschs bestimmt als auch die Einzelkomponenten des Netto-CO₂-Austauschs quantifiziert werden (d.h. Photosynthese und Atmung). Am Fichten-Standort Waldstein/Weidenbrunnen im Fichtelgebirge (Deutschland) wurden in den Jahren 1999 und 2000 ¹³C-Flussmessungen mit der Hyperbolic Relaxed Eddy Accumulation Methode durchgeführt. Die gemessenen ¹³C-Flüsse lagen zwischen 735 und -170 μmol %_o m⁻² s⁻¹ im Jahr 2000. In Kombination mit zusätzlichen CO₂-Profil- und Flussmessungen und unter Anwendung der Waveletanalyse konnte gezeigt werden, wie sich der CO₂-Austausch über dem Fichtenbestand als Resultat der Überlagerung von unterschiedlichen Prozessen (Kopplung/Entkopplung des turbulenten Austauschs von CO₂ zwischen Bestand und Atmosphäre, Speicherwirkung des Bestands, Assimilation, Re-spiration) vollzieht. Die Waveletanalysen belegen das Auftreten kohärenter Strukturen über dem Waldbestand. Berechnet man die mittlere Wellenlänge L_w zwischen aufeinanderfolgenden kohärenten Wirbeln aus den Zeitreihen des Vertikalwindes, so liegt L_w bei 160 m. Legt man dagegen Zeitreihen des CO₂ zugrunde, dann beträgt L_w 1180 m, ein deutlich vom Vertikalwind abweichender Mittelwert. Dieses Resultat zeigt, dass die Austauschvorgänge für Impuls und CO₂ zeitweise voneinander entkoppelt ablaufen. Auf der Grundlage der Mischungsschichtanalogie wurden vier Mechanismen bzw. deren Kombination identifiziert, mit denen der CO₂-Austausch zwischen Ökosystem und Atmosphäre beschrieben werden kann: Der Austausch findet (1) innerhalb oder (2) außerhalb der Mischungsschicht des Bestandes statt, d.h. Ökosystem und Atmosphäre sind gekoppelt bzw. entkoppelt. (3) Der Austausch für Impuls und CO₂ findet auf (3) gleichen oder (4) unterschiedlichen Zeit-/Längenskalen statt, d.h. es herrscht entweder turbulenter Austausch oder der Austausch erfolgt aufgrund anderer Mechanismen (z. B. lange Wellen, Speicherentleerung).

TEST VERSCHIEDENER KOPPELUNGSINDIZES MIT DEM GEKOPPELTEN VEGETATIONS- GRENZSCHICHTMODELL HIRVAC

Valeri Goldberg, Deutschland

Koppelungs- und Rückkoppelungsprozesse zwischen Vegetation und Atmosphäre treten in allen Raum- und Zeitskalen auf – vom globalen Maßstab über Tage und Wochen bis hin zu Prozessen auf kleinstem Raum (etwa der Blattebene) innerhalb weniger Sekunden. Diese Rückkoppelung modifiziert die Strahlungs-, Wärme- und Stoffumsätze zwischen Vegetation und Atmosphäre und muss deshalb bei der Parametrisierung von Klimamodellen berücksichtigt werden. Für diese Parametrisierung werden aus rechenzeitökonomischen Gründen i. allg. einfache Indizes benötigt, die relativ komplexe Vorgänge wie die Koppelung von Vegetation und Atmosphäre beschreiben können. Mit dem Modell HIRVAC wird eine Methode vorgestellt, verschiedene Indizes auf diese Fähigkeit zu testen.

Bei HIRVAC (High Resolution Vegetation Atmosphere Coupler) handelt es sich um das hochaufgelöste 1,5-dimensionale atmosphärisches Grenzschichtmodell der Humboldt-Universität mit integrierter hochaufgelöster Vegetation (120 Modellschichten zwischen 0 und 2 km, davon 60 Modellschichten in den untersten 30 m), das mit einem mechanistischen Photosynthesemodell (Uni Bayreuth) gekoppelt wurde. In Abhängigkeit von der Wahl der Rand- und Anfangswerte können die turbulenten Flüsse von Impuls, fühlbarer Wärme und Wasserdampf unter verschiedenen atmosphärischen Bedingungen sowohl über vegetationsloser Oberfläche als auch in und über Vegetation unterschiedlichen Typs und Struktur simuliert werden.

Mit dem Modell HIRVAC wurden Indizes wie der gut bekannte *decoupling coefficient* Ω nach McNaughton und Jarvis sowie direkt aus dem Modelloutput abgeleitete Maßzahlen untersucht. Die Modellergebnisse zeigen z.B., dass Vegetation und Atmosphäre bei hohen und dichten Vegetationsschichten wie Wald sowie bei hohen Windgeschwindigkeiten gut gekoppelt sind (ausgedrückt durch niedrige Ω -Werte). Diese bessere aerodynamische Koppelung führt zu einem Anstieg der Verdunstung sowie einem Anstieg in der *evaporative fraction*. Die Ergebnisse zum Ω -Faktor stimmen gut mit Werten aus der Literatur wie z.B. bei Jacobs und de Bruin (1992) überein. Die Ergebnisse zeigen außerdem, dass eine brauchbare Strategie für das Verständnis der Koppelung zwischen Vegetation und Atmosphäre darin besteht, die Vegetation in zwei simple Kategorien (glatt und rau) zu unterteilen.

GRENZSCHICHTMESSUNGEN UND MODELLVALIDATION ÜBER BEWACHSENEN LANDOBERFLÄCHEN

Bernd Maurer, Günther Heinemann, Clemens Simmer, Patrick Gross, Deutschland

Der Energieaustausch zwischen Erdoberfläche und freier Atmosphäre ist von großem Interesse für Prozesse in der atmosphärischen Grenzschicht und des hydrologischen Kreislaufs. Hochauflösende Wettervorhersagemodelle sind im Prinzip in der Lage, diese Austausch- und Transportprozesse zu simulieren und damit flächendeckende Aussagen z.B. über die Verdunstung zu machen. In der vorliegenden Studie werden Messungen eines Feldexperiments in der Nähe von Bonn in Deutschland dazu benutzt, um Simulationen des Lokalmodells (LM) des Deutschen Wetterdienstes (DWD) zu validieren.

Im Mai 1999 fand das Experiment REEEFA (Regional Experiment of the Energy Exchange over Forested Areas) mit dem Ziel der experimentellen Untersuchung der Struktur der atmosphärischen Grenzschicht sowie der turbulenten und advektiven Transporte über bewachsenen Landoberflächen in einer typischen mitteleuropäischen Region statt. Das Untersuchungsgebiet westlich von Bonn ist gekennzeichnet durch Waldgebiete und landwirtschaftlich genutzte Flächen. Über den typischen Flächen (Obstplantagen, Weizen- und Gemüsegelder) wurden automatische Stationen zur Erfassung der Energiebilanz installiert, Sondierungen mit Fesselsonden erfolgten über Waldgebieten. Um in-situ flächengemittelte Größen zu erhalten, wurden flugzeuggebundene Messungen mit der Lockheed C-130 von Meteorological Research Flight des Britischen Wetterdienstes an zwei Tagen durchgeführt.

Das nicht-hydrostatische LM wurde mit einer Auflösung von 2.8 km betrieben und in das hydrostatische "Deutschland-Modell" (DM) genestet. Die Modellsimulationen werden mit den Messungen der verschiedenen bodengebundenen Beobachtungssysteme von REEEFA (Energiebilanzstationen, Eddy-Korrelations-Messungen, Fesselsonden) an Gitterpunkten verglichen, die ähnliche Vegetations- bzw. Oberflächeneigenschaften wie der Meßstandort aufweisen. Demgegenüber dienen die Turbulenzmessungen vom Flugzeug aus zu einer flächenintegrierten direkten Validierung, die bis zu 25 LM-Gitterpunkte abdeckt.

Erste Ergebnisse zeigen, daß der vertikale Aufbau der atmosphärischen Grenzschicht zum Zeitpunkt des zweiten Meßfluges (gute Strahlungsbedingungen) vom LM gut wiedergegeben wird. Ein Vergleich von gemessenen und modellierten Energieflüssen in Bodennähe deutet Schwächen in der Simulation des Flusses sensibler Wärme an. Die übrigen Energieflußdichten werden jedoch im Bereich der Fehlergrenzen der Meßwerte vom LM gut reproduziert.

BESTIMMUNG VON WASSERHAUSHALTSGRÖßEN AUF UNBEWACHSENEN TAGEBAUKIPPEN DER BERGBAUFOLGELANDSCHAFT DER LAUSITZ

D. Biemelt, U. Grünewald, Deutschland

Eine zeitlich und räumlich verbesserte Quantifizierung der Wasserhaushaltsgrößen in der Lausitzer Bergbaufolgelandschaft ist für den angestrebten, sich weitestgehend wieder selbst regulierenden Wasserhaushalt von besonderer Bedeutung. Neben konventionellen Landnutzungsformen werden auch nicht rekultivierte, nach Beendigung der bergbaulichen Tätigkeit sich selbst überlassene, nahezu unbewachsene Kippenbereiche (Offenland) Bestandteil sich neu bildender Gewässereinzugsgebiete sein.

Mehrjährige kontinuierliche Geländemessungen relevanter meteorologischer Parameter sowie von Tensionen, Bodenfeuchten und Wasserständen in einem ca. 30 Jahre lang unbeeinflussten Offenlandbereich führten zur schrittweisen Erkennung und Aufklärung der bei der Aufteilung des Niederschlages zu berücksichtigenden Prozesse und Besonderheiten.

Dabei zeigte sich, dass auf Grund des besonders in den Sommermonaten auftretenden hohen Benetzungswiderstandes („Hydrophobie“) der verkippten tertiären Substrate die Infiltration stark behindert ist und sich schon bei vergleichsweise geringen Niederschlagsintensitäten Oberflächenabfluss bildet. Damit verbunden ist eine starke Veränderung der Geländeoberfläche durch Erosion, in deren Folge sich Geländestrukturen („Kuppen“ und „Rinnen“) mit charakteristisch unterschiedlichen bodenphysikalischen Eigenschaften herausbilden. Diese sich dynamisch entwickelnden Strukturen werden für die Aufteilung des Niederschlagswassers bedeutsam.

Die Einzugsgebiete der für Offenlandbereiche typischen temporär mit Wasser gefüllten Geländesenken stellen dabei kleine abgeschlossene Bilanzräume für den Übergang von punktuellen zu flächenhaften Aussagen dar. Die räumliche Verteilung der Kuppen und Rinnen im Einzugsgebiet einer Geländesenke (Einzugsgebietsgröße ca. 120000 m²) wurde auf der Grundlage flugzeuggestützter Fernerkundung ermittelt.

Durch Modifikation und Kopplung bekannter Modellansätze zur Beschreibung von Infiltration, Evapotranspiration sowie Versickerung wurde ein Modell (Mehrschichtenmodell für Kippenstandorte - MKI) zur Berechnung der Wasserhaushaltskomponenten entwickelt, an Hand von Gelände- und Labormessungen parametrisiert und erfolgreich an den gewonnenen Messdaten kalibriert und überprüft.

Es zeigte sich, dass bezogen auf das Gesamteinzugsgebiet der Geländesenke im vieljährigen Mittel der Niederschlag etwa zu gleichen Teilen in Grundwasserneubildung und Evapotranspiration aufgeteilt wird.

Große Anteile des Gebietsniederschlages versickern im Bereich der Erosionsrinnen und der Geländesenke. Die ausgeprägten Erosionsrinnen resultieren aus extremen und seltenen Ereignissen.

Die Unterschiede der Sickeraten unter „Kuppen“ und „Rinnen“ dürften auch Auswirkungen auf die Auswaschung säurebildender Minerale und somit auf die Qualität der Sickerwässer zur Folge haben.

UNTERSUCHUNG VON PARAMETRISIERUNGSANSÄTZEN DES BODENWÄRMESTROMES UNTER NUTZUNG VON KLIMADATEN

P. Bissolli, S. Hechler, E. Dittmann, Deutschland

Im Rahmen des Satellitenklimatologie-Projektes SAT-KLIM sollen unter Nutzung verschiedener Datenquellen (nicht nur aus Satellitenmessungen) die Energieflüsse an der Erdoberfläche und in der Atmosphäre in hoher räumlicher Auflösung und über einen klimatologisch sinnvollen Zeitraum bestimmt und ausgewertet werden. Im vorliegenden Beitrag wird speziell der Bodenwärmestrom betrachtet, und zwar zunächst nur für das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland und den unbewachsenen Boden. Gegenstand dieser Studie ist die Untersuchung von vier verschiedenen Parametrisierungsansätzen zur Berechnung des Bodenwärmestromes aus gemessenen Erdbodentemperaturen und dokumentierten Erdbodenzuständen für die Zeiträume 1961-1990 und 1985-1999. Die Erdbodentemperaturen und die berechneten Bodenwärmeströme wurden auf klimatologische Plausibilität hin geprüft.

Als Parametrisierungsansätze liegen zum einen ein aus der Wärmeleitungsgleichung abgeleiteter Standardansatz sowie drei Versionen der Force-Restore-Methode (basierend auf einem Zwei-Schichten-Modell des Erdbodens) vor. Der benötigte Wärmeleitkoeffizient bzw. daraus abgeleitete Größen werden dabei als Funktion der Bodenart (dokumentiert) und der Bodenfeuchte (Zustände: naß oder trocken) angegeben.

Die Ergebnisse (Tages- und Jahrgänge des Bodenwärmestromes) erweisen sich als klimatologisch sinnvoll, im Einklang mit früheren Studien (z.B. der COST-Aktion 710). Als empfehlenswerteste (plausibelste) Methode bietet sich ein Force-Restore-Ansatz unter Berücksichtigung der Erdbodentemperaturen in den Tiefen 5 und 10 cm an. Eine abschließende Entscheidung über die Wahl des besten Ansatzes kann aber erst nach einer Validierung anhand ausreichend langer Meßreihen erfolgen.

Ein erster Überblick über die räumliche Verteilung des Bodenwärmestromes anhand der 30 verwendeten Stationen zeigt keine erkennbare räumliche Struktur. Die zeitliche und räumliche Verteilung des Erdbodenzustandes als subjektiv gewonnener Parameter übt offenbar einen wesentlichen Einfluß auf die Werte des Bodenwärmestromes aus.

Einige Stationen zeigen einen deutlichen zeitlichen Trend der Häufigkeiten der Erdbodenzustände, so daß beim Bodenwärmestrom merkliche Differenzen zwischen den beiden Bezugszeiträumen 1961-1990 und 1985-1999 auftreten. Im Jahresmittel hat der Bodenwärmestrom nur bei Annahme einer konstanten Wärmeleitfähigkeit den Wert null, sonst ist er überwiegend positiv (Wärmetransport vom Erdinnern zur Erdoberfläche hin). Es bieten sich noch weitere vertiefende Untersuchungen an, z.B. die Einbeziehung einer dritten Kategorie des Erdbodenzustandes und der Übergang vom unbewachsenen zum bewachsenen Boden.

REAKTIONENZEITEN IM SYSTEM ATMOSPHERE – PFLANZE, GEMESSEN WÄHREND DER TOTALEN SONNENFINSTERNIS IN SÜDDEUTSCHLAND AM 11. AUGUST 1999

Th. Foken, Th. Kartschall, F. Badeck, K. Waloszcyk, B. Wichura, J. Gerchau,
Deutschland

Im System Atmosphäre-Pflanze werden Prozesse wie Photosynthese und Verdunstung durch die Einstrahlung angetrieben. Die Kenntnis der Reaktionszeiten dieser Prozesse auf Veränderungen der Einstrahlung ist sowohl für das Prozessverständnis als auch für die Wechselwirkung mit den turbulenten Austauschprozessen in der Atmosphäre von Bedeutung. Die totale Sonnenfinsternis am 11. August 1999 in Süddeutschland war ein ideales Ereignis für derartige Prozessstudien. Ein spezielles mikrometeorologisches Experiment (Foken et al., 2001) wurde im Rahmen des Bayerischen Sonnenfinsternis-Experimentes 'BaySoFi' in der Nähe von Freising/Weihenstephan über einem Maisfeld mit guten Verdunstungsbedingungen durchgeführt. Es wurden alle Strahlungskomponenten, die turbulenten Flüsse von fühlbarer Wärme, Wasserdampf und Kohlendioxid und die Photosynthese gemessen. Die rapide Veränderung der Intensität der einfallenden Strahlung zeigte unterschiedliche Zeitverzögerungen bei verschiedenen Prozessen. Diese betrug beispielsweise bei der Photosynthese ca. 2 Minuten und 10 bis 20 Minuten bei den turbulenten Flüssen. Mit dem Beginn der Totalität brach der turbulente Austausch plötzlich zusammen und es traten nächtliche Bedingungen mit einer negativen Strahlungsbilanz und stabiler Schichtung auf. Die turbulenten Transporte setzten mit einer Zunahme der Turbulenz erst ca. 20 Minuten nach der Totalität wieder ein. Damit war aber der turbulente Austausch auch ein limitierender Faktor für die Intensität der wieder einsetzenden Photosynthese.

Literatur:

Foken, T., Wichura, B., Klemm, O., Gerchau, J., Winterhalter, M., Weidinger, T., 2001. Micrometeorological conditions during the total solar eclipse of August 11, 1999. Meteorol. Z., N. F., 10: in print

DRIFT-KORREKTUR DES CO₂-FLUSSES UND KONSEQUENZEN FÜR DEN BETRAG DER JÄHRLICHEN CO₂-SENKE AN DER ANKERSTATION THARANDT

Thomas Grünwald, Deutschland

Intensivmessungen der Bodenatmung und des vertikalen Gradienten der CO₂-Konzentration an der Ankerstation Tharandt zeigten eine offenkundige Unterschätzung der mit Eddy-Kovarianz (EC)- Technik gemessenen CO₂-Flüsse während respirationsdominierter Phasen (insbesondere nachts). Ein nicht vernachlässigbarer Anteil des CO₂-Austausches erfolgt dann in Form von mittlerer (nichtturbulenter) vertikaler Advektion, der mit EC-Messungen nicht erfaßt werden kann. Die Berechnung dieses mittleren CO₂-Flusses nach dem Ansatz von LEE (1998) ist neben den notwendigen Korrekturen des turbulenten EC-Flusses ein weiterer Korrektur-Schritt (Drift-Korrektur) mit dem Ziel der Erfassung des gesamten CO₂-Austausches zwischen dem Altfichtenbestand und der Atmosphäre an der Ankerstation Tharandt.

Dabei kann zwischen vertikaler und horizontaler Advektion unterschieden werden. Hier wird der horizontale Anteil nicht betrachtet.

Voraussetzung für das Auftreten von vertikaler Advektion ist eine mittlere (korrigierte) Vertikalwindgeschwindigkeit (ungleich Null), was an Meßstandorten mit heterogener Struktur häufig der Fall ist. Das Produkt aus dieser vertikalen Windgeschwindigkeit und einer CO₂-Konzentrationsdifferenz ergibt dann den nichtturbulenten CO₂-Fluß in vertikaler Richtung. Für die Konzentrationsdifferenz wird die CO₂-Konzentration im Referenzniveau der EC-Messung sowie eine mittlere vertikale Konzentration unterhalb dieses Niveaus benötigt.

Eine vorläufige Abschätzung dieses nichtturbulenten Transports (basierend auf Halbstundenwerten) für die Jahre 1997 - 2000 führt zu einer Reduktion der Kapazität der jährlichen Netto-CO₂-Senke um 100 - 200 gCm⁻²a⁻¹ auf Werte von 440 - 500 gCm⁻²a⁻¹. Daraus folgt weiterhin, dass der Anteil der Gesamtatmung im Ökosystem im Vergleich zur photosynthetischen Primärproduktion steigt.

Literatur:

Lee, X. (1998): On Micrometeorological Observations of Surface-Air Exchange over Tall Vegetation. Agric. For. Meteorol., 91, 39-50.

EIN WEITERENTWICKELTES HOLTSAG-VAN ULDEN-SCHEMA ZUR STABILITÄTS-PARAMETRISIERUNG IN DER BODENSCHICHT

M. Göckede, Th. Foken, Deutschland

Ein neues Parametrisierungs-Schema wurde entwickelt, welches die Berechnung der Stabilität der atmosphärischen Schichtung allein unter Verwendung von meteorologischen Routinemessungen am Erdboden ermöglicht. Mit diesem Verfahren kann eine zuverlässige Stabilitätsbestimmung vorgenommen werden, ohne auf Turbulenz- oder Gradientmessungen einer gut ausgestatteten Referenzstation angewiesen zu sein. Durch den somit erweiterten Anwendungsbereich der Methode kann die Schichtung nahe der Oberfläche auch in praktische Anwendungen, wie zum Beispiel die Berechnung des Windenergiepotentials eines Standortes oder die Abschätzung von Ausbreitungsbedingungen, mit einbezogen werden.

Der Ansatz basiert auf den Bodenschicht-Formelsätzen von BUSINGER et al. (1971), wobei die normierten Formeln nach HÖGSTRÖM (1988) verwendet wurden. Zur Bestimmung des fühlbaren Wärmestroms wurde mit einer Weiterentwicklung der Methode nach HOLTSAG & VAN ULDEN (1983) gearbeitet. Der dimensionslose Skalierungsparameter für die Bodenschicht, z/L , wird dabei berechnet ohne die Eingabe eines Temperaturgradienten, und der fühlbare Wärmestrom wird über Strahlungsmessungen bestimmt. Die Weiterentwicklung im Rahmen des vorgestellten neuen Verfahrens besteht nun in einem Formelsatz, der die Berechnung der Strahlungsbilanz aus Messungen der Globalstrahlung ohne Kenntnis des Wolkenbedeckungsgrades ermöglicht. Auf diese Weise kann sowohl die Genauigkeit als auch der Einsatzbereich der Methode verbessert werden, da auf die subjektive Abschätzung der Bewölkung durch einen Beobachter verzichtet werden kann.

Das Schema wurde validiert an einem hochwertigen turbulenten Datensatz, welcher während des VOITEX99-Experiments im Sommer 1999 erstellt wurde. Der Eingabedatensatz, welcher bei dieser Vorgehensweise zur Bestimmung der atmosphärischen Stabilität benötigt wird, umfasst Windgeschwindigkeit, Lufttemperatur und Dampfdruck jeweils in einer Höhe über Grund, sowie Globalstrahlung und Luftdruck. Zusätzlich dazu müssen nur noch grundlegende Informationen über den Standort wie z.B. geographische Position oder Albedo eingegeben werden.

Businger, J.A., Wyngaard, J.C., Izumi, Y. and Bradley, E.F.: 1971, 'Flux-profile relationships in the atmospheric surface layer', J. Atmos. Sci. 39, 181 - 189.

Högström, U.: 1988, 'Non-dimensional wind and temperature profiles in the atmospheric surface layer: A re-evaluation', Boundary-Layer Meteorol 42, 55 - 78.

Holtlag, A.A.M. and Van Ulden, A.P.: 1983, 'A simple scheme for daytime estimates of the surface fluxes from routine weather data', J. Clim. Appl. Meteorol. 22, 517 - 529.

GIS-ANWENDUNG EINES KONZEPTS ZUR KLIMAREGIONALISIERUNG IN KOMPLEXEN MITTELGEBIRGSLANDSCHAFTEN

Janet Häntzschel, Valeri Goldberg, Christian Bernhofer, Deutschland

In Mittelgebirgslandschaften mit komplexer Topographie zeigen sich große Variationen der Klimaelemente bedingt durch vielfältige Wechselwirkungen zwischen Relief und Landnutzung. Aufgrund der meist nicht ausreichenden Messdatenbasis sind Konzepte zur Übertragung regionaler Klimainformationen auf kleinräumige Skalenbereiche notwendig. In dem hier vorgestellten Konzept werden Ansätze zur Modellierung der Strahlungsbilanz, Temperatur und Niederschlagsverteilung im kleinräumigen, heterogenen Gelände mit einem Geographischen Informationssystem (GIS) verknüpft.

Zur Parametrisierung der Ansätze werden Modellergebnisse des gekoppelten Vegetations- und Grenzschichtmodells HIRVAC einbezogen. Die Verknüpfung von Strahlungs- und Grenzschichtmodell mit einem GIS eröffnet die Möglichkeit, kleinräumige Effekte von Relief und Landnutzung auf Strahlung und Temperatur zu berücksichtigen und damit Wechselwirkungen zwischen Atmosphäre und Vegetation beliebiger Standorte zu beschreiben. In Abhängigkeit von der horizontalen Auflösung der digitalen Geländeinformationen kann damit eine flächenhafte Modellierung klimatologischer Parameter erfolgen, die nicht mehr an Interpolationsverfahren und den damit auftretenden Genauigkeitsverlusten gebunden ist, sondern in erster Linie von der Qualität der Geländedaten abhängt. Die zügig fortschreitende Verbesserung der Digitalen Geländemodelle hinsichtlich Genauigkeit und Auflösung der Rasterinformationen ist richtungsweisend für eine wesentliche Steigerung der Aussagekraft darüber modellierter regionaler Klimadaten.

Das Regionalisierungskonzept wurde u.a. auf das Gebiet des Tharandter Waldes (15 km südwestlich von Dresden) angewendet. Die Ergebnisse widerspiegeln z.B. deutlich die vielfältige Überlagerung der Einflüsse von Relief und Landnutzung auf die Strahlungsbilanz. Der Vergleich dieser Werte mit Messdaten der Ankerstation Tharandter Wald zeigt für ausgewählte Perioden eine gute Übereinstimmung.

DAS KRANZBERG OZONE FUMIGATION EXPERIMENT (KROFEX)

Christian Heerdt, Deutschland

Das Ziel dieses Projektes waren Entwicklung, Aufbau und Betrieb einer Anlage zur Free-Air-Ozon-Begasung von 5 Fichten- und 5 Buchenkronen am Standort Kranzberger Forst. Vorgesehen war eine kontinuierliche kontrollierte Freiluftbegasung mit etwa der zweifachen ambienten Ozonkonzentration. Maximalwerte von 150 nl / l sollten aber nicht überschritten werden. Die Ozonverteilung in den 10 Baumkronen erfolgt über ein System von senkrecht aufgehängten PTFE-Schläuchen. Über den Kronen sind zwischen Turm- und Gerüstelementen Seile gespannt. Diese Seile bilden ein Gitter von ca. 100 m² Fläche mit einer Gitterkonstanten von ca. 1m. An diesen Gitterseilen wurden mit eigens dafür konstruierten Aufhängevorrichtungen 100 PTFE-Schläuche aufgehängt. Die Konstruktion hat bisher Windgeschwindigkeiten von bis zu 120 km/h widerstanden. Die insgesamt 33m langen Schläuche sind in den oberen 15 Metern - beginnend über den Kronen bis unterhalb des Kronenansatzes - alle 0,33 m mit Ausströmkapillaren (Innendurchmesser = 0,5 mm) aus PTFE bestückt. Die Länge der Kapillaren ist positionsabhängig so kalibriert, dass aus jeder Kapillare das gleiche Volumen pro Zeiteinheit ausströmt (0,33 l/min ± 10%). Insgesamt wird ein Kronenraum von 100 m² * 15 m = 1500 m³ von 4500 Ausströmdüsen versorgt. Das zur Aufstockung auf die Konzentration "ambient * 2" benötigte Ozon wird auf der Versuchsfläche aus 90-prozentigem Sauerstoff erzeugt.

Die erzielte Immission wird mittels kontinuierlich registrierender Ozonmessgeräte in Verbindung mit Passivsammlern laufend überwacht. Dabei wird die Begasung über die Referenzwerte den tatsächlichen Tagesgängen der Umgebungskonzentration angepasst. Erstmals ist es mit dieser Anlage gelungen, Ozon definiert und kontrolliert in ganze Kronen von Altbäumen einzutragen, ohne dabei durch Küvetten, Gefäßwandungen oder dergleichen mikroklimatische Störeffekte zu erzeugen. Für luftchemische Messungen wurden über der Versuchsfläche 9 Messebenen definiert. Die Ebenen liegen in den Höhen: 2m, 6m, 10m, 14m, 17m, 20m, 23m, 26m und 28m (von unten nach oben Ebene E1-E9). Aktives Ozonmonitoring: In der Begasungszone konnten am Messturm vier Ebenen mit Ozonmonitoren bestückt werden: E2 (Stammraum = 6 m), E4 (Schattenkrone = 14 m), E6 (Sonnenkrone = 20 m), E8 (über den Kronen = 26 m). Am Referenzturm wurde ein Ozonmessgerät auf der obersten Plattform installiert. Dieses Gerät in der Ebene 9 = 28m üG liefert den Ozonreferenzwert, der als Bezugswert zur Steuerung der Ozonbegasungsanlage dient. Zur Bestimmung des Vertikalgradienten der Ozonkonzentration in der Referenzzone wird ein weiteres Ozonmessgerät am Referenzturm (Ansaugstelle in der Ebene 1 = 2m über Grund) betrieben.

Passives Ozonmonitoring: Ausbreitung und Homogenität der Ozonwolke im Kronenraum wurden räumlich hoch aufgelöst anhand von Passivsammlermessungen im wöchentlichen Mittel abgebildet. Es wurde in der Regel mit 72 Sammlern in 4 Ebenen (E2, E4, E6 und E8) an 18 Wechelseilen gearbeitet. Im Rahmen eines Studentenpraktikums (ein Wochenintervall) wurden pro Messstelle 2 Passivsammlertypen (Depositionssammler und Diffusionssammler) zu je 100 Stück exponiert. Die Anlage war während der Vegetationsperiode 2000 nahezu unterbrechungsfrei bis November im Betrieb. Der in dieser Zeit erreichte Dosisfaktor lag bei ca. 1,7.

OZON-DEPOSITION AN EINEM WALDSTANDORT

O. Klemm, A. Mangold, Deutschland

Am experimentellen Fichtenforst-Standort "Waldstein" in etwa 800 m ü. NN im Fichtelgebirge, NE-Bayern, wird ein umfassendes luftchemisches und mikrometeorologisches Messprogramm realisiert. Die Station repräsentiert mitteleuropäische Reinluftverhältnisse mit typischen Mischungsverhältnissen von 4 ppb NO_x, 0.7 ppb NH₃, und 32 ppb O₃. Während SO₂, der Säuregehalt in Regen und Nebel sowie die Anzahl der Partikel in den letzten 15 Jahren abgenommen haben, steigen die typischen O₃-Konzentrationen an.

Die Ozon-Deposition wurde mit zwei Ansätzen unabhängig voneinander quantifiziert. Zum einen wurde sie mit einem einfachen Inferentialmodell prognostiziert, wie es auch in mesoskaligen Chemie-Transport-Modellen zur Anwendung kommt. Das "Big Leaf Modell" wurde mit Messdaten und z.T. aufwändigen Parameterisierungen des stomatären Widerstands und des Oberflächenwiderstandes angetrieben. Die Ergebnisse zeigen große Flüsse während der Tage und minimale Deposition während der Nächte aufgrund des Schließens der Stomata.

Zum anderen wurde der Depositionsfluss mit der Eddy-Kovarianz-Methode direkt gemessen. Die Messungen wurden über sechs Monate im Jahr 1999 und acht Monate im Jahr 2000 durchgeführt. Die Daten durchliefen strenge Qualitätskontrollen unter Berücksichtigung messtechnischer und mikrometeorologischer Kriterien (z.B. Stationarität). Der verbleibende Datensatz umfasst 2807 Halbstundenmittel bzw. 53 Tagesmittel des Depositionsflusses für O₃ im Sommer 1999.

In frühen Stadien der Vegetationsperioden waren die Übereinstimmungen des Modells mit der Messung sehr gut (Abweichung 40 % des Tagesmittels, gut übereinstimmende Tagesverläufe). Später im Jahr jedoch waren die gemessenen Depositionsflüsse deutlich größer als die mit dem Modell prognostizierten. Insbesondere nachts wurden große Depositionsflüsse gemessen, häufig größere als während der Tage. Tagesmittelwerte (24 h) waren um Faktoren von bis zu 5 größer als diejenigen des Modells. Große Flüsse scheinen insbesondere während neutraler Schichtungsbedingungen und gleichzeitig gut entwickelter Turbulenz aufzutreten.

Mit der modellierten stomatären Aufnahme des Ozons sowie Oberflächenwiderständen des Ökosystems zwischen 1000 und 2000 s m⁻¹ können die Messergebnisse nicht nachvollzogen werden. Weitergehende Analysen zeigen die besondere Rolle der Oberflächen des Ökosystems im Depositionsprozess auf. Der aufgrund der Ergebnisse neu berechnete Oberflächenwiderstand nahm mit zunehmender Dauer der Vegetationsperiode von ca. 440 s m⁻¹ auf 180 s m⁻¹ ab. Allerdings zeigte er für Ozon, ein nur mäßig gut wasserlösliches Gas, keine eindeutige Korrelation mit der gemessenen Blattfeuchte. Zukünftige Untersuchungen sollen die Rollen der Blattoberflächen, der Borke, der Bodenvegetation und insbesondere des Bodens in diesem Depositionsprozess klären. Die Parameterisierung der Ozon-Deposition in Chemie-Transport-Modellen muss auf Grund dieser Ergebnisse möglicherweise neu überdacht werden.

RÜCKKOPPLUNGSEFFEKTE ZWISCHEN BODENFEUCHTE, LANDNUTZUNG UND NIEDERSCHLAG IM VOLTA BECKEN

Harald Kunstmann, Gerlinde Jung, Richard Knoche, Deutschland, Ignaz Vergeiner,
Österreich

Das Einzugsgebiet des Volta, das sich über Ghana und Burkina Faso bis in Teile von Mali Togo und Benin erstreckt, ist eine der ärmsten Regionen Afrikas. Bei einem gegenwärtigen Bevölkerungswachstum von mehr als 3% jährlich nimmt der Druck auf die Boden und Wasserressourcen ständig zu.

Eine Steigerung der landwirtschaftlichen Produktion in den wechselfeuchten Savannen Westafrikas hängt von der Entwicklung der Wasserressourcen und deren effizienter Nutzung ab. Programme zur Nutzbarmachung der Wasserressourcen im oberen Einzugsgebiet des Volta haben Auswirkungen auf die Wasserverfügbarkeit flußabwärts, insbesondere auf den Voltastausee, von dem die Stromversorgung der urbanen Bevölkerung Ghanas abhängt. Im Rahmen des GLOWA-Volta Projekts werden am IFU die Auswirkungen intensiver Landnutzung auf den Wasserhaushalt im Volta Becken untersucht.

Zur Identifizierung der Rückkopplungsmechanismen zwischen Bodenfeuchte, Landnutzung und Niederschlag wird mittels eines gekoppelten Boden-Atmosphäre Modells (*MM5 / OSU-Land Surface Model*) eine räumlich hochaufgelöste Wasserbilanz für das Einzugsgebiet des Volta und Westafrika durchgeführt. In drei Nestungsstufen wird das etwa 400,000 km² große Volta Becken bis zu einer horizontalen Auflösung von 9 km gerechnet. Dazu wurden optimale Modellparameterisierungen für die konvektiven Niederschläge, Mikrophysik, planetare Grenzschicht und Strahlungstransport ermittelt. Für ausgewählte Perioden wurde anschließend die Abhängigkeit des Niederschlags-Recycling Verhältnisses und der Niederschlagseffizienz von der Bodenfeuchte und der Landnutzung analysiert und die Anteile direkter, indirekter und gemischter Wechselwirkung quantifiziert.

Erste Ergebnisse zeigen, daß rund 7% des Niederschlags im Volta Becken aus lokal verdunstetem Wasser stammen. Die Niederschlagseffizienz, also der Anteil an Wasser, der in das Volta Becken über die Ränder oder durch Verdunstung einfließt und anschließend als Niederschlag ausfällt, beträgt rund 9%. Bei der Rückkopplung zwischen Bodenfeuchte und Niederschlag beträgt der Anteil der direkten Wechselwirkung (durch erhöhte Bodenfeuchte bewirkte erhöhte Verdunstung und erhöhter Niederschlag) etwa 60%, der Anteil der indirekten Wechselwirkung (durch erhöhte Bodenfeuchte bewirkte veränderte Niederschlagseffizienz) etwa 40%. Die Niederschlags sensitivität bezüglich der Bodenfeuchte fällt lokal stark differenziert aus.

Abschließend wird auf die Auswirkung intensiver Landnutzung auf das Niederschlagsverhalten eingegangen, speziell auf die Auswirkung der beobachteten Veränderungen vom Ackerland/Wald-Mosaik hin zu Strauchland und Grasland.

DER EINFLUSS VON KORREKTUREN FÜR DIE EDDY-KOVARIANZ-METHODE AUF DIE SCHLIESSUNG DER ENERGIEBILANZ

C. Liebenthal, Th. Foken, Deutschland

Schon seit einigen Jahren wird das Problem der scheinbaren Nichtschließung der Energiebilanz am Erdboden diskutiert. Neben anderen Argumenten wird oft angeführt, dass die Verwendung von unkorrigierten Eddy-Kovarianz-Messungen einer der Hauptgründe für die Nichtschließung sein könnte. Anhand der Daten des Experimentes EBEX-2000 soll diese These überprüft werden. Außerdem steht zur Diskussion, unter welchen meteorologischen Bedingungen der für die Korrekturen erbrachte Aufwand gerechtfertigt ist.

Zwei Korrekturverfahren werden bei Experimenten hauptsächlich angewendet: Zum einen eine Korrektur für die Einflüsse von Dichtefluktuationen, vertikalem Massentransport und vertikaler Windgeschwindigkeit auf den latenten Wärmestrom ("Webb-Korrektur"); zum anderen eine Korrektur für die Auswirkungen von spektralen Verlusten durch Aliasing, Filterung, Sensorseparation, Messstreckenmittelung und andere Effekte auf die Bestimmung von fühlbarem und latentem Wärmestrom ("Moore-Korrektur").

Zur Webb-Korrektur gibt es verschiedene Ansätze, die teils zum gleichen Ergebnis führen, teils erheblich voneinander abweichen (Webb et al., 1980; Bernhardt und Piazena, 1988; Kramm et al., 1995). Hier sind sowohl theoretische Grundlagen (Verwendung von Reynolds'scher Mittelung und Boussinesq-Approximation contra dichtegewichtete Mittelung) als auch physikalische Bedeutung der widersprüchlichen Thesen zu diskutieren. Bei der Moore-Korrektur (Moore, 1986) stellt sich vor allem die Frage, ob die Modellspektren von Kaimal und Hojstrup (Kaimal et al., 1972; Hojstrup, 1981), die in der üblichen Form der Korrektur Verwendung finden, tatsächlich universell anwendbar sind. Ist dies nicht der Fall, ist zu erwägen, ob alternative Korrekturverfahren Anwendung finden können. Die Bedeutung der genannten Aspekte wird am Beispiel des Experimentes EBEX-2000 gezeigt.

Die Relevanz oben genannter Korrekturen für die gesamte Energiebilanzschließung kann kaum allgemeingültig beurteilt werden. Sie muss für jedes Experiment abhängig von den technischen und meteorologischen Randbedingungen neu untersucht werden. Dabei sind unter anderem Geräteaufbau und -anordnung, Datenerfassung, Witterung und turbulente Bedingungen in Betracht zu ziehen. Die Ergebnisse solch einer Untersuchung werden für die Daten des Experimentes EBEX-2000 gezeigt. Hauptsächlich wird hier die Bedeutung der Einflussfaktoren Geräteanordnung, Stabilität, Bowen-Ratio und Feuchte beleuchtet.

Literatur:

Bernhardt, K., Piazena, H., 1988. Zum Einfluß der turbulenzbedingten Dichteschwankungen auf die Bestimmung turbulenter Austauschströme in der Bodenschicht. *Z. Meteorol.*, 38: 234 - 245.

Hojstrup, J., 1981. A Simple Model for the Adjustment of Velocity Spectra in Unstable Conditions Downstream of an Abrupt Change in Roughness and Heat Flux. *Boundary-Layer Meteorol.*, 21: 341 - 356.

Kaimal, J.C., Wyngaard, J.C., Izumi, Y., Cotê, O. R., 1972: Spectral Characteristics of Surface-Layer Turbulence. *Quart. J. R. Met. Soc.*, 98 : 563 - 589.

Kramm, G., Dlugi, R., Lenschow, D. H., 1995. A Re-Evaluation of the Webb Correction Using Density-Weighted Averages. *J. Hydrol.*, 166: 283 - 292.

Webb, E.K., Pearman, G.I. and Leunign, R., 1980. Correction of Flux Measurements for Density Effects due to Heat and Water Vapour Transfer. *Quart. J. R. Met. Soc.*, 106 : 85 - 100.

ERGEBNISSE VERSCHIEDENER TURBULENZMESSGERÄTEVERGLEICHE

M. Mauder, Th. Foken, Deutschland

Messgeräte zur Bestimmung turbulenter Flüsse, wie Ultraschallanemometer, schnelle Temperatursensoren und optische Feuchtemessinstrumente, sind zwar im Labor exakt kalibrierbar, in der turbulenten Atmosphäre spiegeln die Messwerte jedoch auch die Anpassung des Messsystems an das Turbulenzspektrum, Störungen der turbulenten Strömung und Alterungserscheinungen wider. Somit sind in-situ-Vergleiche der Messgeräte unerlässlich. In den letzten Jahren ist die Anzahl der Ultraschallanemometertypen sprunghaft gestiegen und damit auch die entsprechender Vergleichsmessungen. Eine gewisse Klassifikation der Anemometertypen nach ihrer Eignung für Grundlagen- und angewandte Forschungen (Foken und Oncley, 1995) konnte zwar eine gewisse Hilfe für den Anwender geben, dennoch sind die Zahl der verfügbaren Vergleichsmessungen und vor allem deren Ergebnisse verwirrend. Im vorliegenden Beitrag sollen Ergebnisse aus der Literatur und eigener Experimente (Beyrich, 2000; Foken et al., 1997) bezüglich allgemeingültiger Aussagen verglichen werden. Ein Schwergewicht bilden dabei die Ergebnisse des Turbulenzmessgerätevergleichs während des Energiebilanzexperimentes EBEX-2000 im Juli und August 2000 nahe Fresno in Kalifornien. Dabei wurden von der Universität Bayreuth Ultraschallanemometer der Typen CSAT3, USA-1 und Young 81000 und Hygrometer der Typen KH20 und LI75000 verglichen. Einbezogen in die Studie sind auch Kalibriermöglichkeiten für das Hygrometer KH20 (Foken et al., 1998).

Literatur:

Beyrich, F. (Editor), 2000. LITFASS-98 Experiment, 25.5.1998 - 30.6.1998, Experimental report. Deutscher Wetterdienst, Forschung und Entwicklung, Arbeitsergebnisse, 62, 78 pp.

Foken, T., Buck, A. L., Nye, R. A., Horn, R. D., 1998. A Lyman-alpha hygrometer with variable path length. *J. Atmosph. & Oceanic Techn.*, **15**: 211-214.

Foken, T., Oncley, S. P., 1995. Results of the workshop 'Instrumental and methodical problems of land surface flux measurements'. *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, **76**: 1191-1193.

Foken, T., Weisensee, U., Kirzel, H.-J., Thiermann, V., 1997. Comparison of new-type sonic anemometers. 12th Symposium on Boundary Layer and Turbulence, Vancouver, BC, 28 July - 1 August 1997, *Amer. Meteorol. Soc.*, Boston, 356-357.

PFLANZEN ALS AKZEPTOREN ATMOSPHÄRISCHER STOFFFRACHTEN

Ronald Queck, Christian Bernhofer, Deutschland

Aufbauend auf umfangreichen Messungen in den Hochlagen des Osterzgebirges und dem ihm im Norden vorgelagerten Tharandter Wald wurden die Bedingungen für Stoffflüsse aus der Atmosphäre in Fichtenbestände analysiert und charakterisiert. Ziel ist, die als Summe gemessenen Depositionen durch eine Differenzierung nach Art der Deposition, ob gasförmig, abgesetzt (Nebel/Aerosole) oder fallend (Regen/Schnee) unter Verwendung von mikrometeorologischen Messungen zeitlich zu verteilen. Es wurde die Erstellung von durchgängigen Reihen mit Halbstundenwerten der Deposition angestrebt. Mit dieser Basis konnten dann, in Kombination mit Tagesgängen anderer Umweltfaktoren (Temperatur, Feuchte, ...), Situationen mit erhöhtem Depositionspotential beschrieben werden.

Die notwendige Modellierung der Interaktion von Atmosphäre und Bestandes- bzw. Erdoberfläche erfolgte mit verschiedenen Depositionsansätzen. Um eine kompatible Modulstruktur zu erhalten, wurden die Transportprozesse nach Möglichkeit durch Widerstandsanalogien im Modell abgebildet (außer bei fallender Deposition). Zur bestandesspezifischen Parametrisierung der Depositionsansätze dienen vor allem Eddykovarianz-, aber auch Blattfeuchtemessungen und hochaufgelöste Messungen des Freilandniederschlags. Dadurch ist eine an den Bestand angepaßte physikalisch begründete Modellierung der Deposition möglich. Aufgrund redundanter Methoden ist eine Überprüfbarkeit der Berechnungen gegeben, beispielsweise läßt sich die mit dem paramtrisierten Widerstandsmodell berechnete Verdunstung durch die langjährige Messung der Wasserhaushaltsgrößen validieren.

Für die Bestimmung von lage- und landnutzungsbezogenen Kennwerten der kritischen Belastbarkeit sind Dynamik und Wege der Deposition von entscheidender Bedeutung. Eine weitere Verbesserung der Methoden zur Depositionsberechnung, besonders der standortgerechten Parametrisierung der Ansätze, ist für eine flächendeckende Anwendung notwendig. Die vorgestellte Arbeit soll dazu einen Beitrag liefern.

MIKROKLIMATISCHE KONSEQUENZEN DER AUFFORSTUNG VON GRASLAND

Jutta Rost, Lutz Jaeger, Helmut Mayer, Deutschland

Landnutzungsänderungen unterschiedlicher Größenordnung sind weltweit für viele Regionen charakteristisch. Sie beziehen sich auf die Umwandlung von natürlichen in versiegelte Oberflächen infolge zunehmender Urbanisierung und Industrialisierung, insbesondere in den Schwellen- und Entwicklungsländern, schließen aber auch Änderungen von verschiedenen natürlichen Landnutzungsarten untereinander ein. So haben Aufforstungen von landwirtschaftlichen Flächen („Grasland“) eine Umwandlung der Landnutzung zum Typ „Wald“ zur Folge. Gerade in Deutschland wird auf regionaler Basis versucht, mit Hilfe dieser Aufforstung der Klimaerwärmung entgegenzuwirken. Es ist zu erwarten, dass aus dem hierdurch entstehenden größeren Waldanteil regional eine erhöhte photosynthetische Bindung des Treibhausgases CO₂ resultiert, die zu einer geringeren Erwärmung der Atmosphäre beitragen kann.

Neben diesem luftchemischen Effekt haben Änderungen der Landnutzung durch z.B. Veränderungen von Albedo, Bowen-ratio oder Rauigkeitsparameter direkte physikalische Auswirkungen auf die atmosphärische Grenzschicht, in welcher der Energie- und Impulsaustausch mit der darüber liegenden freien Atmosphäre bestimmt wird. Ein weiterer wesentlicher Beitrag ist die Vermeidung bzw. Kappung von Hochwasserspitzen durch die höhere Verdunstung und Wasserspeicherkapazität von Waldgebieten. Dieser Aspekt ist sicherlich im Hinblick auf den Erosionsschutz durch Bannwälder und den Hochwasserschutz durch Auwälder, die entlang von Flußläufen als natürlicher Überflutungsraum dienen, positiv zu bewerten.

Qualitative Unterschiede zwischen verschiedenen Landnutzungsarten wurden bereits in früheren Untersuchungen über verschiedene Methoden herausgearbeitet. Belastbare Ergebnisse zu den hier auftretenden quantitativen Differenzen und Similaritäten, die es im günstigsten Fall erlauben, Rückschlüsse von einem Messpunkt auf einen anderen zu ziehen, fehlen aber bis jetzt noch. Sie erfordern u.a. ein längerfristiges, geeignetes Datenkollektiv. Dieses liegt inzwischen für zwei Stationen in der südlichen Oberrheinebene vor: die Grasland-Station *Bremgarten*, die im Rahmen von REKLIP von 1991 bis 1996 betrieben wurde, und die nahe gelegene permanente Waldstation *Forstmeteorologische Messstelle Hartheim des Meteorologischen Institutes der Universität Freiburg*, die sich mitten in einem Kiefernwald befindet. In einer ersten vergleichenden Analyse werden die Energieflüsse einschließlich ihrer meteorologischen Kenngrößen über beiden Landnutzungsarten diskutiert und unter Berücksichtigung verschiedener synoptischer Situationen bewertet.

UNTERSUCHUNG DES TURBULENTEN AUSTAUSCHES ZWISCHEN EINEM TROPISCHEM REGENWALD UND DER ATMOSPHERE UNTER ANWENDUNG DER "SURFACE RENEWAL" METHODE

U. Rummel, C. Ammann, F.X. Meixner, Deutschland

Eine wichtige Größe zur Charakterisierung des turbulenten Austausches von Spurengasen im System Boden – Vegetation – Atmosphäre, ist deren Aufenthaltszeit im Pflanzenbestand. Vor allem in hohen Vegetationsbeständen ist die Turbulenz maßgeblich durch relativ großskalige, kohärente Strukturen geprägt. Rampenförmige Muster in den Zeitreihen der Windgeschwindigkeitskomponenten und skalarer Größen sind ein deutliches Merkmal dieser Turbulenzlemente. Die "surface renewal" Methode ist ein Ansatz mit dessen Hilfe sich speziell Informationen über den Beitrag der kohärenten Strukturen zum turbulenten Transport gewinnen lassen.

Im Rahmen des LBA-EUSTACH Projektes im südlichen Amazonas Gebiet, wurde der Austausch von Energie und verschiedenen Spurengasen zwischen einem tropischen Regenwald und der Atmosphäre mit "eddy correlations" und Profilmessungen untersucht. Zeitlich hoch aufgelöste Messungen (≥ 10 Hz) von Wind, Temperatur, NO , O_3 , H_2O und CO_2 wurden in verschiedenen Höhen im und über dem Bestand durchgeführt. Tageszeitlich deutlich unterschiedliche Turbulenzregime zeigten sich in und oberhalb der Vegetation. Nachts herrschten im Gegensatz zu der stabilen rauhen Unterschicht oberhalb des Bestandes, thermisch neutrale bis instabile Bedingungen innerhalb des relativ offenen Stammraumes. Während des Tages war die Temperaturschichtung umgekehrt. Dadurch beeinflusst zeigten sich unterschiedlich stark ausgeprägte, rampenförmige Strukturen in den hochfrequenten Messungen. Durch Waveletanalyse der Daten wurden die charakteristischen Zeitskalen dieser Strukturen bestimmt. Zur Validierung der erhaltenen Zeitskalen (und der damit verbundenen Aufenthaltszeiten im Pflanzenbestand) werden die mit der "surface renewal" Methode bestimmten turbulenten Flüsse mit den Ergebnissen der "eddy correlations" Messungen verglichen. Die abgeleiteten Aufenthaltszeiten werden in Relation zu den Zeitskalen chemischer Prozesse gesetzt, um die vertikale Verteilung von reaktiven Spurengasen wie NO , NO_2 und O_3 im Pflanzenbestand zu erklären.

METHODEN ZUR MESSUNG TURBULENTER SPURENGASFLÜSSE IM VERGLEICH

Johannes Ruppert, Bodo Wichura, Thomas Foken, Deutschland,
Anthony Delany, USA

Neue Methoden der Disjunct Eddy Accumulation (DEA) und Periodic Eddy Covariance (PEC) erlauben die Messung turbulenter Spurengasflüsse. Beim disjunct/periodic sampling werden kurze (0,1 Sekunde), zeitlich getrennte Proben der Luft analysiert. Dadurch steht mehr Zeit für die Probenbehandlung und Analyse zur Verfügung. Diese Eigenschaft gewinnt besondere Bedeutung, wenn für die zu untersuchenden Spurengase keine zeitlich hochauflösenden Detektoren für die direkte Eddy Covariance Messung zur Verfügung stehen. Gleichzeitig reduziert sich beim disjunct/periodic sampling die Anzahl der Proben. Dagegen werden bei der Messung turbulenter Spurengasflüsse mit Methoden der Relaxed Eddy Accumulation (REA) kontinuierlich Luftproben gesammelt. Die hohe Probenahmerate begrenzt bei der REA die Möglichkeiten, die Einzelproben individuell zu behandeln oder zu analysieren. Bei DEA und PEC handelt es sich im Gegensatz zur REA um eine direkte Meßmethoden, die ohne Anwendung von Ähnlichkeitsbeziehungen auskommt. D.h. die vertikalen Windgeschwindigkeiten können entweder bei der Probennahme (DEA) oder nach der Analyse (PEC) für jede einzelne Probe berücksichtigt werden.

Entscheidend für den Erfolg der neuen Methoden ist, in welchem Verhältnis die größere methodische Sicherheit der direkten turbulenten Flussmessung und messtechnische und statistische Fehler stehen. Letztere können durch die zeitlich unterbrochene Probennahme entstehen. Da die Einzelproben bei der kontinuierlichen Probennahme (REA) bis zu einem gewissen Grade autokorreliert sind, wird nur eine leichte Erhöhung der Fehler erwartet. Dies kann gezeigt werden, indem man die Daten einer kontinuierlichen Turbulenzmessreihe mit periodischen Daten der selben Messreihe vergleicht. (Lenschow et al., 1994, Rinne et al., 2000)

Die Untersuchungen sollen zeigen, welche Fehler durch unterschiedliche Gestaltung des Experiments (REA, DEA, PEC) zu erwarten sind. Sie werden überprüft durch den Vergleich der Ergebnisse verschiedener REA Methoden mit ersten Ergebnissen der DEA und neuen Ansätzen zur PEC mit direkter massenchromatographischer Gasanalyse im Feld.

Lenschow, D. H., Mann, J. and Kristensen, L. (1994): How long is long enough when measuring fluxes and other turbulence statistics? *J. Atmos. Ocean. Tech.*, 11, 661-673.

Rinne, H. J. I., Delany, A. C., Greenberg, J. P. and Guenther, A. B. (2000): A true eddy accumulation system for trace gas fluxes using disjunct eddy sampling method. *J. Geophys. Res.*, submitted.

STRUKTUREN DER TURBULENTEN STRÖMUNG IN DER ATMOSPHERISCHEN GRENZSCHICHT UND IHR EINFLUSS AUF DEN ÄOLISCHEN SEDIMENTTRANSPORT

Hans-Jürgen Schönfeldt, Deutschland

Aerosol wird nur dann aus Wüstengebieten emittiert, wenn die Windschubspannung am Boden eine minimale Größe überschreitet, die sogenannte Schwellenschubspannung. Erst ab dieser entsprechenden Windschubspannung wird gröberes Sediment aus dem Boden ausgebrochen und mit diesen Sedimentkörnern Aerosolteilchen. Zur Prognose von Aerosol in der Atmosphäre ist es damit wichtig, den Beginn des Sedimenttransportes genau zu kennen und beschreiben zu können. Fehler bei der Beschreibung dieses Prozesses werden dem turbulenten Charakter der Strömung zugeschrieben.

Der Einfluß einer turbulenten Strömung auf den äolischen Sandtransport wurde am Strand der Halbinsel Zingst im westlichen Teil der Ostsee während dreier Stürme untersucht. Der Sedimenttransport wurde 0,1 Meter über Grund mit einer Abtastfrequenz von 1 Hz mit einem Saltifon gemessen. Synchron dazu erfolgte die Messung der turbulenten Geschwindigkeitsfluktuationen mit einer Abtastfrequenz von 10 Hz in 0,5 Meter über dem Boden. Die Erzeugung der turbulenten horizontalen Schubspannung wurde aus den vertikalen- und den horizontalen Geschwindigkeitsfluktuationen bestimmt. Die turbulenten Strukturen der Schubspannung wurden nach der Quadrantentechnik in Abhängigkeit vom Vorzeichen der horizontalen und vertikalen Geschwindigkeitsfluktuationen in Sweeps, Ejections, Inward und Outward Interactions eingeteilt. Für die klassifizierten turbulenten Strukturen trugen im Mittel 29,5% Sweeps, 29,1% Ejections, 21,8% Outward Interactions und 19,4% Inward Interactions zur mittleren Schubspannung bei. 50% der Gesamtschubspannung wurden in nur 3% der Zeit produziert (Ejections und Sweeps). Hohe Sedimenttransportflüsse waren mit Sweeps und Outward Interactions verbunden. Diese beiden Strukturen tragen positiv (Sweeps) und negativ (Outward Interactions) zur Schubspannung bei. Sie haben aber beide gemeinsam, daß die horizontale Geschwindigkeitskomponente u' größer als die mittlere Geschwindigkeit ist. Der Korrelationskoeffizient r zwischen der Schubspannung und dem Sedimenttransportfluß war mit $r=0.136$ sehr klein. Der Korrelationskoeffizient zwischen den horizontalen Geschwindigkeitsfluktuationen und dem Sedimenttransportfluß war dagegen höher ($r=0.476$). Die Korrelation erhöhte sich auf $r=0.84$ zwischen der Horizontalgeschwindigkeit u und dem Sedimenttransportfluß und auf $r=0.9$ wenn man von der Horizontalgeschwindigkeit u die Schwellenwindgeschwindigkeit (Windgeschwindigkeit bei der Sedimenttransport beginnt) u_s abzieht. Die momentan in 0,5m über den Boden gemessene Schubspannung scheint nicht repräsentativ für die momentane horizontale Widerstandskraft am Sedimentkorn zu sein.

Mittelt man die zu jeder Saltationsrate (vom Saltifon gemessene Kornzahl) die zugehörige Windgeschwindigkeit, so erhält man einen linearen Zusammenhang zwischen Windgeschwindigkeit und Saltationsrate ($r=0.98$) aus dem dann sehr genau die Schwellenwindgeschwindigkeit bestimmt werden kann. Wird auf diese Weise die in unterschiedlichen Höhen gemessene Windgeschwindigkeit über die Saltifonmessungen verbunden ($r=0.999$), so ist es möglich eine zeitlich variable Windschubspannung zu bestimmen. Die Schwellenschubspannungsgeschwindigkeit u_s^* wurde zu 0,28 m/s bestimmt. Die Schubspannungsgeschwindigkeit variierte von 0,28 m/s (Einsetzen des Sedimenttransportes) bis 0,46 m/s. Das Wavelet Kovarianz-Phasenspektrum der horizontalen Geschwindigkeitskomponente und des Sedimenttransportflusses zeigte gute Korrelationen bei Wellenzahlen von 10-2 m⁻¹.

BESTIMMUNG DES BODENWÄRMESTROMES FÜR UNTERSCHIEDLICHE OBERFLÄCHEN IN ABHÄNGIGKEIT VOM NDVI

Angela Schwiebus, Deutschland

Zur flächenhaften Bestimmung von Strahlungs- und Energieflüssen ist es unerlässlich Fernerkundungsdaten zu nutzen. Ein Aspekt auf der regionalen bzw. lokalen Skala dabei ist die Abschätzung des Bodenwärmestromes als eine Komponente der Energiebilanz., da bei hoher zeitlicher Auflösung der Bodenwärmestrom der Größe des sensiblen Wärmestroms entsprechen kann. Wenn das Feuchteangebot ausreichend ist, oder, bei fortschreitendem Alter der Vegetationsdecke, kann der Bodenwärmestrom die gleiche Größenordnung wie der latente Wärmestrom annehmen.

Daher wurden mit Hilfe von NOAA-AVHRR Daten, insbesondere aus NDVI - Datensätzen (7 Tages Maximalwerte des NDVI) und Datensätzen verschiedener Bodenmeßstationen für Gras- und einen Waldstandort in Deutschland auf Basis mehrerer Jahre empirische Beziehungen ermittelt, welche das Verhältnis Bodenwärmestrom/Nettostrahlung zum Zeitpunkt des Überfluges und dem zugehörigen NDVI berücksichtigen.

In einem weiteren Schritt konnten diese Beziehungen, integriert in das Auswerteverfahren SESAT (Berger 2000) angewandt und mit Beziehungen aus der Literatur verglichen werden. Exemplarische Vergleiche mit Bodenmessungen hinsichtlich der erzielten Genauigkeit bzw. der Anwendbarkeit der empirischen Beziehungen schließen diese Untersuchung ab.

INTEGRALE TURBULENZCHARAKTERISTIKEN – EIN ÜBERBLICK

Chr. Thomas, B. Wichura, Th. Foken, Deutschland

Integrale Turbulenzcharakteristiken, die mit den charakteristischen Flüssen normierte Standardabweichungen meteorologischer Elemente) sind (Tillman, 1972), sind ein umfassend genutztes Maß zur Einschätzung des Einflusses von Geländeinhomogenitäten auf die Messung turbulenter Flüsse (DeBruin et al., 1991), zur Bestimmung der Qualität turbulenter Flüsse (Foken und Wichura, 1996) und sie werden in vielfältiger Weise bei Messverfahren zur Bestimmung u. a. von Depositionsflüssen nach der Fluss-Varianz-Ähnlichkeit (Foken et al., 1995) eingesetzt. Ihre Abhängigkeit u. a. von der atmosphärischen Stabilität basiert auf Ähnlichkeitsbeziehungen und Modellannahmen, die es möglichst genau zu bestimmen gilt. Offensichtlich unterliegen integrale Turbulenzcharakteristiken aber auch nicht-lokalen Einflüssen, wie der geografischen Breite und der Mischungsschichthöhe (Johansson et al., 1999). Dies gilt besonders für den Horizontalwindes. Im vorliegenden Beitrag werden Ergebnisse eigener Experimente, die neben vielfältigen Messungen in Mitteleuropa auch Messungen in der Antarktis und während des Energiebilanzexperimentes EBEX-2000 im Juli und August 2000 nahe Fresno in Kalifornien einschließen, mit Resultaten aus der Literatur verglichen und neu bewertet. Besonderes Augenmerk wird dabei auf die Untersuchungen über hoher Vegetation gelegt.

Literatur:

DeBruin, H. A. R., Bink, N. J., Kroon, L. J., 1991. Fluxes in the surface layer under advective conditions. In: T.J. Schmugge, J.C. André (Editors), Workshop on Land Surface Evaporation, Measurement and Parametrization. Springer, New York, pp. 157-169.

Foken, T., Dlugi, R., Kramm, G., 1995. On the determination of dry deposition and emission of gaseous compounds at the biosphere-atmosphere interface. Meteorol. Z., N. F., **4**: 91-118.

Foken, T., Wichura, B., 1996. Tools for quality assessment of surface-based flux measurements. Agric. & Forest Meteorol., **78**: 83-105.

Johansson, C., Smedman, A.-S., Högström, U., 1999. Critical test of the validity of Monin-Obukhov similarity during convective conditions. 13th Symposium on Boundary Layer and Turbulence, Dallas, TX, 10 - 15 Jan. 1999, Am. Meteorol. Soc., 686-689.

Tillman, J. E., 1972. The indirect determination of stability, heat and momentum fluxes in the atmospheric boundary layer from simple scalar variables during dry unstable conditions. J. Appl. Meteorol., **11**: 783-792.

RÄUMLICH UND ZEITLICH HOCHAUFGELÖSTE SPEKTRALANALYSE DES STRAHLUNGSANGEBOTES IN EINEM FICHTEN - BUCHEN – MISCHBESTAND

Herbert Werner, Deutschland

Im Rahmen einer Dissertation (Reitmayer, H., 2000; DFG-Projekt FA 62/141,2) wurde eine neuartige Messapparatur zur Quantifizierung des Strahlungsangebotes in einem Buchen - Fichten - Mischbestand am Lehrstuhl entwickelt. Die Anlage wurde im Jahr 2000 im Versuchsbestand "Kranzberger Forst" des DFG-Sonderforschungsbereiches 607 installiert und erfolgreich in Dauerbetrieb genommen. Z. Zt. sind auf der 30 m * 40 m großen Versuchsfläche 260 Sensoren in verschiedenen Höhen über Grund installiert. Jeder Sensorkopf besteht aus einer raumintegrierenden Kugel aus Kunststoff (POM), die über einen 30 m langen Lichtwellenleiter (LWL) mit einem mechanischen Kanalumschalter im zentralen Messwagen verbunden ist.

Mit Hilfe dieser exakt positionierbaren Multiplexereinheit können die Lichtleiter sequentiell an ein monolithisches Miniaturspektrometer angekoppelt werden. Das Multi-Channel-Spektrometer-Modul (MCS-Modul von Zeiss, Typ UV-NIR) misst im Spektralbereich 253 nm - 912 nm mit einer Auflösung von 0,8 nm. Dieser Messbereich kann wegen der Wellenlängenbegrenzung der Lichtwellenleiter allerdings nicht vollständig ausgeschöpft werden. Im Rahmen des SFB 607 wurden für das Teilprojekt B4 (Arbeitsgruppe Matyssek, s. Homepage des SFB 607) 200 Sensoren zur PAR-Messung installiert. Diese Sensoren wurden über Kunststofflichtleiter (PMMA) mit dem Spektrometer verbunden. Dämpfungen des Lichtsignals im Bereich 625 nm können einkalibriert werden, so dass für Anwendungen dieser Art im Bereich 400 nm - 700 nm mit LWL aus PMMA mit Längen bis zu 40 m gearbeitet werden kann.

60 weitere Sensorköpfe aus POM wurden über Quarzfaser - LWL an das Spektrometer angekoppelt. Die deutlich besseren Dämpfungseigenschaften dieses LWL ermöglichen bei Leiterlängen von 30 m Messungen im Bereich 400 nm bis 850 nm. In diesem Wellenlängenbereich haben auch die Sensorköpfe ausgezeichnete Transmissions-eigenschaften.

Für die Pflanzenphysiologen interessante Wellenlängenbereiche wie Blaulichtbereich, Photosynthesebereich, Hell- und Dunkelrotbereich können integriert und in den entsprechenden Einheiten ($W \cdot m^{-2}$ oder $\mu E \cdot m^{-2} \cdot sec^{-1}$) ausgegeben werden.

Die Sequenz der Kanalabfrage ist frei programmierbar, und für Positionierung und Messung werden etwa 3 Sekunden pro Sensor benötigt. Für 260 Sensoren beträgt ein Messzyklus somit ca. 13 Minuten.

Für jeden Sensor wird pro Messzyklus ein komplettes Spektrum der Messwerterfassungsanlage übergeben und abgespeichert (bisher liegen ca. 70 Gigabyte Daten vor).

Unseres Wissens existiert derzeit keine vergleichbare Anlage an anderen Orten.

VERGLEICHE DER VERSCHIEDENEN VERFAHREN ZUR WECHSELWIRKUNG BODEN ATMOSPHERE

Franz Fiedler, Deutschland

Für die Behandlung von dynamischen und energetischen Vorgängen im atmosphärischen System ist die Formulierung der Randbedingungen von großer Bedeutung. Insbesondere die Wechselwirkungen zwischen Boden, Vegetation und Wasser auf der einen Seite und der Atmosphäre auf der anderen Seite beeinflussen den Zustand der Atmosphäre umso intensiver, je länger die zeitliche Entwicklung verfolgt wird.

Die Formulierung der Austauschvorgänge am Boden hat sehr vielfältige Bemühungen in den letzten Jahren erfahren, wobei in den Wettervorhersagemodellen und den Klimamodellen unterschiedliche Grade der Komplexität verfolgt worden sind.

In dem Vortrag wird ein Überblick über die wichtigsten Ansätze gegeben. Dabei wird aufgrund von Modellrechnungen und von Ergebnissen von Veröffentlichungen eine Bewertung der verschiedenen Vorgehensweisen gegeben und noch offene Fragen werden zusammengestellt.

MODELLIERUNG DES ABFLUSSES IM OBERLAUF DER ODER MIT EINEM GEKOPPELTEN ATMOSPHERISCHEN/HYDROLOGISCHEN MODELL

H.-T. Mengelkamp, J. Suttmöller, T. Zhao, Deutschland

Die Erzeugung von Oberflächenabfluß, Zwischenabfluß und Basisabfluß wird im atmosphärischen Landoberflächen-Schema SEWAB (Surface Energy and Water Balance) durch unterschiedliche, der räumlichen Skala angepaßte Konzepte beschrieben. Diese Konzepte sind vorwiegend empirischer Natur und erfordern die Anpassung mehrerer Koeffizienten an das jeweilige Einzugsgebiet. Alternativ wurde das Konzept des topographischen Index implementiert. Hier werden digitale Höhendaten mit hoher räumlicher Auflösung verwendet, um den Abfluß innerhalb der Gitterzelle eines atmosphärischen Modells zu beschreiben. Als einziger Parameter wird die hydraulische Leitfähigkeit kalibriert.

Der Abfluß im Oberlauf der Oder wird für den Zeitraum April bis August 1997 mit beiden Konzepten simuliert. Dabei wird SEWAB mit Beobachtungsdaten angetrieben. Die simulierten Abflußkurven unterscheiden sich wenig bei guter Übereinstimmung mit der gemessenen Abflußkurve.

SEWAB ist das Landoberflächenschema des nicht-hydrostatischen Mesoskala-Modells GESIMA (Geesthachter Simulationsmodell der Atmosphäre). Genestet in das Deutschland-Modell des DWD wurde mit diesem Modellsystem die Wasserbilanz im Oberlauf der Oder für die Hochwasserperiode im Juli 1997 modelliert. Simulierte und gemessene Abflußkurven werden diskutiert.

LES-MODELLVALIDIERUNG MIT DEM VERFAHREN DER AKUSTISCHTEN LAUFZEITOMOGRAPHIE

Sonja Weinbrecht, Deutschland

Im Zuge der sich immer weiter entwickelnden Computertechnik können mit Grobstruktursimulationsmodellen, auch LES - (Large-eddy simulation) Modelle genannt, turbulente atmosphärische Strömungen in immer höherer Auflösung simuliert werden. Zum Vergleich mit Messungen konnte bislang allerdings nur auf Punkt- oder Linienmessungen (z.B. Mastmessungen, Radiosondenaufstiege, Flugzeugmessungen) zurückgegriffen werden. Diese Messsysteme liefern lokale Messwerte, während das LES-Modell Volumenmittelwerte in hoher räumlicher Auflösung liefern kann.

Das Verfahren der akustischen Laufzeitomographie (z.B. Arnold, Ziemann, Raabe, 1999) ist in der Lage, Temperatur- und Windinformationen in ihrer räumlichen Verteilung in relativ hoher räumlicher Auflösung (horizontale Gitterweite: 20-50m) bereitzustellen. Diese Werte liegen als flächen- bzw. Volumenmittelwerte vor und sind deshalb ohne Aufbereitung direkt mit den Simulationsdaten vergleichbar.

Das hier verwendete LES-Modell PALM (PARAlleliertes LES-Modell) wurde von Dr. S. Raasch entwickelt und in den letzten Jahren speziell für die Nutzung auf Massiv-Parallelrechnern überarbeitet (siehe z.B. Raasch und Etling, 1998; Raasch und Schröter, 2000). Es basiert auf den boussinesq-approximierten Reynolds-Gleichungen, dem ersten Hauptsatz der Thermodynamik und der Kontinuitätsgleichung. Subskalige Turbulenzen werden mit Hilfe des Ansatzes nach Deardorff (1980) parametrisiert.

Ziel des Projektes und Thema des Vortrages ist der Vergleich von LES-Simulationsdaten mit Messwerten des Verfahrens der akustischen Laufzeitomographie. Anhand dieses Vergleiches soll zum einen das hier verwendete LES-Modell validiert werden, zum anderen sollen die Vergleichsdaten auch die Bewertung verschiedener subskaliger Parametrisierungsmethoden in Bodennähe erlauben. Insbesondere für die Validierung des Modells ist eine hohe Auflösung erforderlich, da in der Messhöhe der Vergleichsdaten (2-3m Höhe) Turbulenzelemente vom Modell aufgelöst werden müssen, um eine Aussage unabhängig vom subskaligen Parametrisierungsmodell machen zu können. Gleichzeitig muss das Modellgebiet aber ausreichend groß sein, um auch die größten auftretenden Turbulenzelemente (in Größenordnung der Grenzschichthöhe) berücksichtigen zu können. Dies macht die Nutzung von Massiv-Parallelrechnern dringend erforderlich.

Für den Vergleich wurden Messungen und Simulationen in der bodennahen konvektiven Grenzschicht durchgeführt. Um Probleme bei der Trennung von Wind- und Temperatureinfluss auf die effektive Schallgeschwindigkeit zu umgehen, wurden zusätzlich Laufzeitmessungen mit dem LES-Modell simuliert.

Erste Ergebnisse zeigen eine gute qualitative Übereinstimmung. Sie machten aber auch deutlich, dass für einen quantitativen Vergleich, wie er z.B. für die Bewertung von Parametrisierungsmethoden nötig ist, die Modelleingangsdaten genauer bestimmt werden müssen sowie die Separation von Wind- und Temperaturdaten aus den Schalllaufzeiten weiterentwickelt werden muss.

Literatur:

Arnold K., A. Ziemann und A. Raabe, 1999: Acoustic tomography inside the atmospheric boundary layer.- Meteorol. Atmos. Phys. 71, 43-51.

Deardorff, J.W., 1980: Stratocumulus-capped mixed layers derived from a three-dimensional model.- Bound.-Layer Meteor. 18, 495-527.

Raasch, S. und D. Etling, 1998: Modelling deep ocean convection : Large Eddy simulation in comparison with laboratory experiments.- J. Phys. Oceanogr. 28, 1786-1802.

Raasch, S. und M. Schröter, 2000: PALM -- A Large-Eddy Simulation Model designed for Massively Parallel Computers.- submitted to Meteorologische Zeitschrift.

LLM - EINE HOCHAUFLÖSENDE VERSION DES LM ZUR BESTIMMUNG TURBULENTER FLÜSSE IN BODENNÄHE

H.-J. Herzog, U. Schubert, G. Vogel, Deutschland

Im Ergebnis des DWD-internen Projektes LITFASS ist eine 'real-world' LES-Version des kompressiblen, nichthydrostatischen Lokal-Modells (LLM) entwickelt worden. Durch dieses Projekt sind damit die Voraussetzungen geschaffen, die bodennahen turbulenten Flüsse über einer natürlichen, inhomogenen Landschaft (14x14 km²-Areal um das Observatorium Lindenberg) hochaufgelöst zu bestimmen. Der Beitrag beinhaltet die Beschreibung des LLM einschließlich der Besonderheiten der externen Steuerung am seitlichen, oberen und unteren Rand durch Messungen, die im Observatoriumsbetrieb auf komplexe Weise verlässlich erzeugt werden. Es wird gezeigt, wie durch die LITFASS-Projektinvestition im DWD von der Messung über die LLM-Simulation ein Zugang zur Validierung und Entwicklung von Turbulenzparameterisierungen in gröberskaligen NWV-Modellen wie dem LM möglich geworden ist. Hiermit ist der unmittelbare Bezug zu einem weiteren Beitrag (Vogel et al.) zur Anwendung des LLM als Validierungswerkzeug gegeben.

ZUM EINSATZ DES LLM ALS VALIDIERUNGSSYSTEM FÜR DIE NWV

G. Vogel, H.-J. Herzog, U. Schubert, Deutschland

Die Ergebnisse des abgeschlossenen DWD-Projektes LITFASS kommen direkt der operationellen NWV zugute. Sie bestehen einerseits aus einer äußerst umfangreichen und komplexen Datenbasis und andererseits in der Existenz eines einsatzfähigen, hochauflösenden Simulationsmodells LLM (s. Herzog et al.) Es wird in diesem Beitrag gezeigt, wie auf diesen beiden Säulen ein NWV-orientiertes Validierungssystem aufgebaut werden kann. Ziel dieser Aktivität ist es, Observatoriumsmessungen, Simulationsergebnissen mit dem LLM und operationelle LM-Resultate im obengenannten Sinne zu verbinden.

Durch umfangreiche Vergleiche von Modellergebnissen mit entsprechenden Messungen wird zunächst die Verlässlichkeit des LLM gezeigt, die seinen vorgesehenen Einsatz als Validierungswerkzeug rechtfertigt. Damit entsteht die Möglichkeit, erstmalig Flächenmittelwerte ausgewählter Modellgrößen im Tagesgang abzuleiten, die als Referenzgrößen zur Validierung des Lokal-Modells (LM) herangezogen werden. Dabei handelt es sich sowohl um Bodenwerte (Strahlung, Niederschlag, Bodenfeuchte u.a) wie auch um Vertikalprofile der turbulenten Wärme- und Impulsflüsse. Validierungsergebnisse auf der Grundlage von LITFASS-98 und LINEX-2000 (Lindenberger Meßkampagnen) werden vorgestellt.

DER EINFLUSS DER SCHNEEDECKE AUF DAS SYSTEM DER WECHSELWIRKUNGEN ZWISCHEN ERDOBERFLÄCHE UND ATMOSPHERE

Kristina Fröhlich, Deutschland

Um regionale Wechselwirkungen zwischen Erdoberfläche und Atmosphäre so genau wie möglich mit einem mesoskaligen Modell darstellen zu können, ist eine gute Beschreibung der verschiedenen Landoberflächen notwendig, die ja mit ihren unterschiedlichen Eigenschaften (z.B. Albedo, Emissivität, Rauigkeitslänge, etc) die Vorgänge in der Grenzschicht beeinflussen.

Bei einem Schneefallereignis ändern sich diese Eigenschaften fast sprunghaft, dies kann erhebliche Auswirkungen auf die Grenzschichtzirkulation haben. Zum Beispiel steigt die Albedo stark an, was zu einer Abkühlung der Luftschicht über der Schneeoberfläche führt, wohingegen der Erdboden gegen die Abkühlung isoliert wird.

Es wurde deshalb für GESIMA ein Schneemetamorphosemodul entwickelt, um durch die Eigenschaften der Schneedecke und ihre Auswirkungen auf die Umgebung ein adäquateres Ergebnis zu bekommen als ohne ihre Berücksichtigung oder über veränderte Oberflächenparameter.

Der Schneemetamorphosemodul gestattet es, den vollständigen „Lebenszyklus“ eines Schneepaketes vorherzusagen. Er berücksichtigt unter anderem drei Prozesse: die Erwärmung des Schneepaketes, die Phasenübergänge des Eises in Wasser und Wasserdampf (und umgekehrt) und den Abfluss des Schmelzwassers.

Eine große Bedeutung spielt dabei die sich verändernde Schneedichte, die sich vor allem durch Windbruch, Kompaktion und Settling erhöht.

Während der Frühlingszeit fließt das Schmelzwasser nicht unmittelbar, sondern verzögert ab, da die Poren im Schnee Wasser bis zum einem Grenzwert halten können.

Vergleichsläufe zwischen GESIMA ohne und mit angekoppelten Schneemodul zeigen, daß bei Berücksichtigung der schneeprozesse die schneehöhen realistischer wiedergegeben werden. Die Temperatur, Feuchte und der Wind in der Grenzschicht werden über dem Schneefeld modifiziert. Diese Prozesse würden ohne Vorhandensein des Schnees nicht auftreten.

**UMWELTPHYSIK IN DER DEUTSCHEN PHYSIKALISCHEN GESELLSCHAFT:
ORGANISATION, THEMENBEREICHE UND AUSGEWÄHLTE ERGEBNISSE**

Wolfgang Roether, Deutschland

Die Umweltphysik wurde 1998 als Fachverband (FV) der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG) eingerichtet. Die Forschungsgegenstände der von ihr vertretenen Physiker stammen aus den Teilbereichen des Systems Erde, die die menschliche Umwelt bilden (Atmosphäre, Hydrosphäre/Kryosphäre, Boden, Biosphäre). Die Atmosphärenphysiker bilden die personell überwiegende Gruppe. Ihre Gegenstände überlappen mit denen der DMG, was sich in vielerlei Kooperationen manifestiert. Forum des FV Umweltphysik sind jährliche "Frühjahrstagungen". Die Arbeit der Umweltphysik ist charakterisiert durch umfangreiche Feldbeobachtungen (u.a. mittels Satelliten), komplexe Meß- und Datenauswerteverfahren (ergänzt durch gezielte Laboruntersuchungen), Modellbildung, Interdisziplinarität und Internationalität. Zur Charakterisierung der Forschung für den Bereich Hydrosphäre werden einige Ergebnisse von Grundwasser- und ozeanographischen Untersuchungen vorgestellt. Nachfolgende Vorträge behandeln Ergebnisse der Atmosphärenforschung und von Laboruntersuchungen.

**FREIE RADIKALE: BEOBACHTUNGEN, ZYKLEN UND ROLLE IN DER
TROPHOSHÄRTENCHEMIE**
Ulrich Platt, Deutschland

REMOTE SENSING OF ATMOSPHERIC CONSTITUENTS USING GOME AND SCIAMACHY

John P. Burrows, Deutschland

The atmosphere is a complex system, its composition and behaviour being determined by physical, chemical and biological processes. In the past three decades, it has been recognised that anthropogenic activity is influencing the atmospheric composition not only on a local but also on a global scale. In order to improve our understanding of the atmosphere and the accuracy of prediction about its response to both natural phenomena and anthropogenic emissions, detailed knowledge about the global distributions of trace atmospheric constituents is required. This can be achieved by an appropriate mix of ground based and satellite borne sensors.

For species having a short lifetime and, or exhibiting high variability then observation of their global distribution is best achieved by remote sensing from space based platforms. Two such sensors are the Global Ozone Monitoring Experiment (GOME *Burrows et al 1999*), which was launched as part of the core payload aboard the second European Research Satellite (ESA-ERS2) in April 1995 and the Scanning Imaging Absorption spectroMeter for Atmospheric CHartography (SCIAMACHY *Bovesmann et al 1999*), which is a German Dutch and Belgian contribution to ENVISAT. ENVISAT will be launched in the summer 2001.

GOME and SCIAMACHY are passive remote sounding spectrometers, designed to operate from platforms in sun synchronous polar orbit. ERS_2 and ENVISAT have equator crossing times of around 10.30 am and 10.00 respectively in descending node. GOME and SCIAMACHY observe light back scattered from the atmosphere in the ultraviolet, visible and near infrared spectral regions. GOME observes in nadir the spectral region between 240 and 790 nm. SCIAMACHY will observe in alternate limb and nadir for the majority of the orbit the spectrum between 220 and 2380 nm.

Inversion of the measurements of GOME yields the total column amounts of the gases O₃, NO₂, HCHO, OClO, BrO and H₂O. In the special case of O₃ vertical profiles can also be retrieved. SCIAMACHY will extend the range of species to include CO, CO₂ and CH₄. This talk will describe recent results from GOME and the objectives of SCIAMACHY. Results from studies of the stratospheric hole and tropospheric pollution will be discussed.

References:

- J. P. Burrows, M. Weber, M. Buchwitz, V. V. Rozanov, A. Ladstätter, Weißenmayer, A. Richter, R. DeBeek, R. Hoogen, K. Bramstedt and K.U. Eichmann 1999, "The Global Ozone Monitoring Experiment (GOME): Mission Concept and First Scientific Results", *Journal of Atmospheric Sciences* **56** 151-175.
- H. Bovesmann, J. P. Burrows, M. Buchwitz, J. Frerick, S. Noël, V. V. Rozanov, K. V. Chance, A. P. H. Goede 1999, "SCIAMACHY- Mission Objectives and Measurement Modes", *Journal of Atmospheric Sciences* **56** 126-150.

**LABORUNTERSUCHUNGEN ZU PHYSIKALISCHEN UND CHEMISCHEN EIGENSCHAFTEN
ATMOSPHERISCHER AEROSOLE UND PHOTOPROZESSEN
ATMOSPHERISCHER SPURENGASE**

E. Rühl, Deutschland

Es werden neue Ergebnisse aus Laboruntersuchungen vorgestellt, die sich sowohl mit physikalischen und chemischen Eigenschaften des atmosphärischen Aerosols bzw. geeigneter Modellspezies wie auch mit der quantitativen Beschreibung der Photolyse atmosphärischer Spurengase beschäftigen.

Atmosphärische Aerosole bzw. Modellpartikel werden unter kontrollierten Bedingungen im Labor untersucht. Als Untersuchungsmethode kommt die Speicherung einzelner Partikel in einer elektrodynamischen Falle zum Einsatz. Dieser Ansatz dient zur berührungsfreien Untersuchung der Partikel und deren Veränderungen, die sich über Zeiträume von einigen Stunden erstrecken können. Es wird über Nukleationsprozesse unterkühlter bzw. übersättigter Flüssigkeitströpfchen atmosphärischer Relevanz berichtet. Ebenso werden Ergebnisse zur Gasaufnahme der Partikel und zu optischen Eigenschaften der Partikel präsentiert. Darüber hinaus wird ein neuer experimenteller Ansatz zur Untersuchung des indirekten photooxidativen Abbaus semivolatiler, partikelgebundener Umweltchemikalien vorgestellt.

Die Photolyse troposphärischer und stratosphärischer Spurengase erfolgt unter Einwirkung von solarer Strahlung. Im Labor werden diese Prozesse mit Hilfe von Laser Pump-Probe-Experimenten bzw. Pump-Pump-Probe-Experimenten quantitativ untersucht. Sämtliche Photolyseprodukte werden mit Hilfe von durchstimmbarer Vakuum-UV-Strahlung durch resonante bzw. nicht-resonante Photoanregung ionisiert und nachfolgend massenspektroskopisch nachgewiesen. Hierzu dient eine kürzlich entwickelte Laserplasma-Quelle. Dieser experimentelle Ansatz lässt die genaue Bestimmung primärer Quantenausbeuten, Verzweigungsverhältnisse konkurrierender Photoprozesse sowie Aussagen zu den Quantenzuständen zu, in denen die Photolyseprodukte in situ gebildet werden.

ZUR NIEDERSCHLAGSSTRUKTUR IN DER REGION TRIER

A. Helbig, P. Krahe, Deutschland

In der Region Trier liegen Niederschlagsbeobachtungen seit 1806 zunächst an Standorten innerhalb des Stadtgebiets und später an den Stationen Trier – Stadt und Trier-Petrisberg vor. Verfügbar sind für den Zeitraum 1806 bis 1900 nur die Monatssummen des Niederschlags und ab 1901 auch Tagessummen. Im Rahmen der regionalklimatischen Analysen im Teilprojekt B1 „Regionalklima, Strömungsfeld und Ausbreitungsbedingungen“ des Sonderforschungsbereichs 522 "Umwelt und Region" und dem Projekt DEFLOOD der KHR (Internationale Kommission für die Hydrologie des Rheingebiets) zur Analyse der Effektivität von Hochwasser-Reduktionsmaßnahmen speziell im Einzugsgebiet der Mosel steht die statistische Beschreibung dieser langen Zeitreihen, ihrer Extremwerte, der Andauer von Niederschlagsperioden und die Bewertung ihrer zeitlichen Änderungen im Vordergrund. Die Analyse der Kopplung der Niederschlagsereignisse mit den Großwetterlagen nach Heß und Brezowsky, der Lufttemperatur und der großräumigen Strömungsrichtung ermöglicht und fundiert Aussagen für die o.g. Anwendungsbereiche. Die Winterniederschläge der letzten 40 Jahre an der Station Trier-Petrisberg weisen einen positiven Trend auf, der mit einem Anstieg der Lufttemperatur während Niederschlagsereignisse im gleichen Zeitraum gekoppelt ist. Informationen über den Phasenzustand des Niederschlags lassen sich näherungsweise aus der Lufttemperatur ableiten. Diese Information läßt sich jedoch ebenso wie die das Auftreten einzelner Niederschlagsarten (Nieselregen, Regen und Schnee) aus den für acht Termine pro Tag vorliegenden synoptischen Beobachtungen aus der Gruppe ww (Wetterzustand zum Termin) gewinnen. Die Auswertungen erfolgten für den den Zeitraum 1948 bis 1998. Auch hier sind Trends in den Niederschlagsgruppen $ww = 5x, 6x$ und $7x$ erkennbar.

UNTERSUCHUNGEN ZUR PHYSIKALISCHEN MODELLIERUNG FAHRZEUGINDUZIRTER TURBULENZ IN STRAßENSCHLUCHTEN

Stephan Henne, Deutschland

Der Bedarf an Mobilität hat sich in den letzten Jahrzehnten kontinuierlich gesteigert. Die Bedeutung des Automobils als Individualverkehrsmittel Nummer 1 nahm und nimmt beständig zu. Gleichzeitig wird ein immer größerer Anteil des Güterverkehrs auf die Straße verlagert. Trotz der Entwicklung kraftstoffsparender Verbrennungsmotoren und schadstoffreduzierender Katalysatoren ist eine verkehrsbedingte Zunahme der Luftverunreinigung in urbanen Gebieten die Folge. Die Fortsetzung dieser Entwicklung verdeutlicht sich unter Berücksichtigung der Tatsache, dass große Teile der Menschheit gerade erst beginnen, das Auto als Verkehrsmittel zu nutzen. Die Wachstumsprognosen auf dem asiatischen Kontinent zeigen diesen Trend. Erstmals leben mehr als 50% der Weltbevölkerung in Städten und Ballungszentren.

Die heutige Modellierung von Schadstoffausbreitung innerhalb der urbanen Grenzschicht mit Hilfe eines Grenzschichtwindkanals muss daher neben industriellen Quellen auch die des Straßenverkehrs berücksichtigen. Hinzu kommt, dass die bewegten Kraftfahrzeuge ihrerseits Turbulenz erzeugen, die zusätzlich zur Umverteilung der Abgase im Strömungsraum beitragen kann. Hohe Konzentrationen werden in windarmen Situationen innerhalb von Straßenschluchten gemessen. Besonders in diesem Fall spielt die fahrzeugerzeugte Turbulenz eine wichtige Rolle, deren genaue Auswirkung allerdings noch nicht ausreichend quantifiziert werden konnte.

Diese Quantifizierung kann mit Hilfe von Windkanalversuchen unter reproduzierbaren Bedingungen geleistet werden. Dafür ist es allerdings notwendig, die fahrzeugerzeugte Turbulenz im Windkanal ähnlich nachzubilden. Bisher wurden Fahrzeuge im Windkanal nach einer von Plate (1982) vorgeschlagenen Modellierungsvorschrift nachempfunden. Diese setzt die fahrzeugerzeugte mit der hauptströmungserzeugten Turbulenz ins Verhältnis, macht aber keine Aussage über die Struktur der erzeugten Turbulenz. Die verwendeten "Fahrzeuge" wurden bisher mit Hilfe eines umlaufenden Bandes innerhalb einer Straßenschlucht bewegt. Sie bestanden aus senkrechten, flachen Metallplättchen. Untersuchungen ergaben einige Schwachpunkte dieser Modellierungstechnik.

In der zugrundeliegenden Arbeit werden zur Vermeidung dieser Nachteile die spektralen Eigenschaften fahrzeugerzeugter Turbulenz in Natur und Modell miteinander verglichen. Ein Strömungsdatensatz wurde innerhalb einer Straßenschlucht in Hannover unter Verwendung mehrerer Ultraschall-Anemometer in Schwachwindsituationen aufgenommen. Die Umströmung verschiedener, bewegter Modellformen wurde im Windkanal unter Null-Wind Bedingungen mit einem Laser-Doppler-Anemometer vermessen. Es werden Wavelet-Analysen eingesetzt, die die zeitliche Entwicklung des Energiespektrums liefern und somit Rückschlüsse auf den fahrzeugerzeugten Turbulenzanteil zulassen. Mit den gewonnenen Ergebnissen läßt sich die Form der verwendeten Turbulenzgeneratoren optimieren. Mit Hilfe der neuen Generatorformen kann das Ausbreitungsverhalten von Schadstoffen in einer Straßenschlucht im Windkanalexperiment untersucht werden. Die Ergebnisse können zur Anpassung numerischer Modelle verwendet werden.

AUSTAUSCH VON H₂O₂ UND HCHO ZWISCHEN ATMOSPHÄRE UND SCHNEE

Hans-Werner Jacobi, Deutschland

Im Sommer des Jahres 2000 wurden am Summit Environmental Observatory in der Mitte des grönländischen Eisschildes Gradientenmessungen von Wasserstoffperoxid (H₂O₂) und Formaldehyd (HCHO) über dem Schnee durchgeführt. Mit Hilfe von mikrometeorologischen Techniken wurden Flüsse der beiden Verbindungen in den unteren zwei Metern der planetaren Grenzschicht über der Schneeoberfläche bestimmt. Die Auswertung der Daten über einen Zeitraum von 22 Tagen ergibt mittlere Tagesgänge mit Emissionen vom Schnee während des Tages und Depositionen während der Nacht, die mit dem Tagesgang der Temperatur korreliert sind. Für die mittleren Tagesgänge variieren die Flüsse zwischen $+1.4 \times 10^9$ Moleküle $\text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Deposition) und -1.5×10^9 Moleküle $\text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Emission) für H₂O₂ bzw. $+1.0 \times 10^8$ Moleküle $\text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ and -4.4×10^8 Moleküle $\text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ für HCHO. Der Nettoaustausch während eines Tages beträgt beim H₂O₂ $+1.0 \times 10^{13}$ Moleküle $\text{cm}^{-2} \text{Tag}^{-1}$ und beim HCHO -7.3×10^{12} Moleküle $\text{cm}^{-2} \text{Tag}^{-1}$. Diese Austauschprozesse führen zur Ausbildung starker Tagesgänge in der planetaren Grenzschicht und stellen wichtige Quellen und Senken dieser Verbindungen in der arktischen Troposphäre dar. So werden während des Tages für beide Verbindungen Konzentrationen erreicht, die mit photochemischen Modellen nur reproduziert werden können, wenn entsprechende Emissionsraten berücksichtigt werden. Die Kenntnis der Quellen und Senken von H₂O₂ und HCHO in der arktischen Troposphäre ist insbesondere für die Untersuchung lokaler Ozonminima in der planetaren Grenzschicht in polaren Gebieten von Bedeutung, da die gasförmige Halogenverbindungen, die den O₃-Abbau verursachen, durch H₂O₂ und HCHO beeinflusst werden können. Außerdem wurden H₂O₂ und HCHO in verschiedenen Eiskernen untersucht. Diese Konzentrationsprofile könnten wertvolle Hinweise auf die chemischen Prozesse in der früheren Atmosphäre geben, wenn eine Umrechnung der Konzentrationen im Eis in atmosphärische Konzentrationen gelingt. Für eine derartige Umrechnung werden jedoch sogenannte Transferfunktionen benötigt. Die Bedeutung des Austausches zwischen der Atmosphäre und dem Eis für die Transferfunktionen von H₂O₂ und HCHO wird diskutiert.

DEKADISCHE VARIABILITÄT DER THERMOHALINEN ZIRKULATION IM ÖSTLICHEN MITTELMEER

Birgit Klein, Wolfgang Roether, Deutschland

Hydrographische Beobachtungen aus den östlichen Mittelmeer belegen, daß es am Ende der 80er Jahre zur einer abrupten Änderung der thermohalinen Zirkulation kam. Zum Ende der 80er Jahre entstand in der Ägäis ein zweites Tiefenwasserbildungsgebiet, welches die thermohaline Zirkulation für die kommenden Jahre dominierte und sowohl ein dichteres Tiefenwasser produzierte als die bisdaher einzige Quelle in der Adria, als auch eine um einen Faktor 3 höhere Produktionsraten bewerkstelligte. Als Folge der neuen Tiefenwasserquelle befindet sich nun am Boden des östlichen Mittelmeer eine mächtige Schicht mit wärmeren und salzreicherem Tiefenwasser ägäischen Ursprungs.

Die Etablierung einer zweiten Tiefenwasserquelle in der Ägäis hing wesentlich von der beobachteten starken Salzzunahme in diesem Gebiet ab. Verschiedene Faktoren können für diese Salzzunahme verantwortlich sein. Zum einen beobachtet man eine deutliche Reduktion der Niederschläge in Adria und Ägäis, die gekoppelt ist an den NAO Zyklus. Anhand einer Bilanzierung der Salzänderung im gesamten östlichen Mittelmeer wird gezeigt, daß die abrupte Änderung in der thermohalinen Zirkulation aber auch verbunden ist mit einem generellen Anstieg der vorhandenen Salzmenge. Die Größenordnung der Änderung in der Netto Frischwasserbilanz über das gesamte östliche Mittelmeer integriert ist nicht ausreichend, um die beobachtete Salzgehaltzunahme in der Wassersäule zu erklären. Auch eine vertikale Umverteilung von Salz zwischen oberflächennahen Schichten in der Wassersäule und dem Tiefenwasser unterhalb von 1200 m ist nicht in der Lage die Gesamtbilanz zu schliessen. Ein vermehrter Import von Salz aus dem westlichen Mittelmeer ist in den Zeitreihen erkennbar und von ausreichender Größenordnung. Anhand der existierenden Zeireihen werden die einzelnen Faktoren vorgestellt und quantifiziert und ihre Relation zu Änderungen im atmosphärischen Forcing diskutiert.

LABOREXPERIMENTE ZUR CHARAKTERISIERUNG ATMOSPHERISCHER AEROSOLE UND DEREN HETEROGENE REAKTIONEN

B. Berge, M. Hamza, W. Mikosch, T. Mitschke, J. Rohmann,
B. Steiner, K. Sudholz, E. Rühl, Deutschland

Feste oder flüssige, luftgetragene Mikropartikel, deren Durchmesser typischerweise zwischen 1 nm und 100 µm liegt, spielen in der Umwelt eine zentrale Rolle. Von besondere Bedeutung sind die Eigenschaften dieser atmosphärischen Aerosole im Hinblick auf ihre klimatischen Auswirkungen (z.B. die Änderung der Strahlungsbilanz der Atmosphäre) und chemischen Transformationen, die an der Oberfläche bzw. im Volumen dieser Partikel ablaufen können.

Um diese Fragestellungen zu untersuchen, werden in Laborexperimenten einzelne Aerosolteilchen in einer elektrodynamischen Falle in einer kontrollierten Atmosphäre (Temperatur, Druck, Feuchte und Zusammensetzung der Gasphase) berührungsfrei gespeichert und mit verschiedenen spektroskopischen Methoden charakterisiert.

Mit Hilfe der Analyse des an den Partikeln elastisch gestreuten Lichts eines Helium-Neon-Lasers werden die physikalischen Eigenschaften, wie Größe und Brechungsindex der Aerosolteilchen aber auch Wachstums-, Verdampfungs- und Phasenumwandlungsprozesse, mit hoher Genauigkeit untersucht. Aus den experimentellen Resultaten werden Abdampf- und Nukleationsraten flüssiger Modell-Seesalz-Aerosole (NaCl, NaBr) bei verschiedenen Salzkonzentrationen und Temperaturen bestimmt. Weiterhin wurden Experimente zur Dynamik des Kristallisationsprozesses übersättigter Salzaerosole durchgeführt. Weitergehende Untersuchungen konzentrieren sich auf Mineralstaub-Partikel, wobei insbesondere ihr Einfluss auf die heterogen induzierte Nukleation von Seesalz-Aerosolen von Interesse ist.

Zur Analyse der chemischen Veränderungen von einzelnen, levitierten Aerosolpartikeln wird die Raman-Spektroskopie verwendet. Ebenso dient die Raman-Spektroskopie als empfindliche Methode zur Untersuchung der Gasaufnahme von flüssigen Aerosolpartikeln.

UNTERSUCHUNGEN ZUR ETHYLENEMISSION IN EINEM WALDGEBIET

U. Spanier, B. Rappenglück, H. Werner, Fabian, Deutschland

Ethylen spielt eine bedeutende Rolle in Bildungs- und Abbauprozessen troposphärischen Ozons. Es ist zum einen aufgrund seiner hohen Reaktivität gegenüber einer Reihe von Substanzen in der Atmosphäre, wie z.B. OH und Ozon, und zum anderen aufgrund seiner heterogenen Quellen ein wichtiger, aber auch schwer zu charakterisierender Kohlenwasserstoff. So kann es durch Bildung von Ozon indirekt zu einer Schädigung von Pflanzen führen, andererseits wird unter Streßbedingungen, z.B. unter erhöhten ambienten Ozonkonzentrationen, das Phytohormon Ethylen von Pflanzen vermehrt abgegeben. Ethylen wird jedoch auch von anthropogenen Quellen emittiert. Ethylen ist somit innerhalb der Wechselwirkungen zwischen Biosphäre und Atmosphäre hinsichtlich pflanzenphysiologischer und photochemischer Prozesse eine wesentliche Größe.

Ziel des laufenden Projektes ist die Untersuchung des biogenen und anthropogenen Anteils der Ethylenemission und -immission in einer unter Ozonstress stehenden Versuchsfläche im Kranzberger Forst in der Nähe von München (Free-Air-Ozonbegasungsanlage im Rahmen des SFB 607). Das Projekt geht im besonderen auf die Ethylenemission von Buchen (*Fagus sylvatica* L.) und Fichten (*Picea abies* (L.) Karst.) unter Berücksichtigung verschiedener meteorologischer Bedingungen und Ozonregimen ein. Mittels gaschromatographischer Online-Messung von Ethylen, Isopren sowie Acetylen werden die Emissions- und Immissionsgänge im Tagesverlauf. Isopren bzw. das Diphosphat ist eine wichtige Vorstufe im Primär- und Sekundärstoffwechsel der Pflanzen und wird nur durch biogene Prozesse bei der Umsetzung von 3,3-Dimethylallyldiphosphat durch die Isoprensynthese emittiert. Für Acetylen sind keine biogenen Quellen bekannt. Somit ist über die gleichzeitige Messung von Acetylen und Isopren eine Diskriminierung des biogenen Anteils der Ethylenemissionen und -immissionen möglich. Als weitere Absicherung des biogenen Ethylenanteils wird die direkte Ethylenvorstufe in der Ethylenbiosynthese, die 1-Aminocyclopropan-1-Carboxylsäure, stichprobenartig berücksichtigt. Zur Eliminierung messtechnischer Artefakte werden alle gaschromatographischen Messungen mit dem selben Gerät durchgeführt. Es wird hierbei in einem automatisierten Betrieb quasikontinuierlich im Wechsel Standort- und Küvettenluftproben analysiert. In den Küvetten sind Zweige der zu untersuchenden Baumart unter Reinfluftbedingungen eingespannt, und es sind so Rückschlüsse auf die Ethylen- und Isoprenemissionen unter den gegebenen meteorologischen Bedingungen und Ozonregimen möglich.

EIN MONTE-CARLO-MODELL FÜR DREIDIMENSIONALE STRAHLUNGSTRANSPORTSIMULATION

C. v. Friedeburg, A. Morgner, M. Wenig, T. Wagner, U. Platt, Deutschland

Spektroskopische Meßmethoden spielen eine wichtige Rolle bei der Messung atmosphärischer Spurengase. Viele Anwendungen verwenden Himmelsstreulicht des ultravioletten und des sichtbaren Spektralbereiches. Es werden dafür bodengestützte Instrumente eingesetzt, aber auch Spektrographen an Bord von Flugzeugen, Ballonen und Satelliten. Zukünftige Systeme werden mit multipler Optik und verschiedenen Meßgeometrien wie Nadir und Off-Axis arbeiten.

Strahlungstransportmodelle sind eine unverzichtbare Voraussetzung für die Interpretation dieser Messungen. Abgesehen von einigen bereits existierenden Monte-Carlo-Modellen benutzen die meisten Programme analytische Methoden und Algorithmen zur Lösung der Strahlungstransportgleichung für bestimmte atmosphärische Bedingungen und Spurenstoffprofile. Diese Ansätze arbeiten bei einer Reihe von Problemstellungen sehr effizient, sind jedoch für bestimmte Prozesse, etwa die Lichtstreuung innerhalb oder zwischen Wolken, noch nicht hinreichend weit entwickelt bzw. benötigen extrem viel Rechenzeit, um zufriedenstellende Genauigkeit zu erzielen. Zusätzlich sind die meisten Modelle auf horizontal homogene Atmosphärenschichtungen beschränkt. Sie können also keine Meßsituationen mit heterogenen Wolkenfeldern oder horizontalen Spurengaskonzentrationen simulieren, wie sie etwa in Küstenregionen auftreten.

Wir stellen hier die Struktur und die Konzepte eines Strahlungstransportmodelles auf der Basis von Monte-Carlo-Techniken vor. Der Weg der Photonen durch die Atmosphäre wird durch die Abfolge von Streu- und Absorptionsereignissen simuliert, welche entsprechend ihrer situationsabhängigen jeweiligen Wahrscheinlichkeit nach dem Zufallsprinzip bestimmt werden. Sowohl Veränderungen des Spektrums als auch der Intensität in einem gegebenen Wellenlängenbereich lassen sich auf diese Weise realitätsnah nachbilden und mit Messungen vergleichen.

Um die gegebene Meßsituation realistisch darzustellen, stehen die kartesische, die zylindrische sowie die sphärische Geometrie zur Auswahl. Die räumliche Diskretisierung kann variiert werden, um Regionen mit starken Gradienten in den betrachteten Parametern besser aufzulösen, ohne überflüssig Rechnerressourcen in Anspruch zu nehmen.

Für die unabhängige Modellvalidation sind umfangreiche Messungen an verschiedenen Orten mit kalibrierten Spektralradiometern geplant. Im Verbund mit den analytischen Modellen wird in Zukunft eine bessere Interpretation der boden-, luft-, und weltraumgestützten Messungen möglich sein.

ANALYSE DER URBANEN LUFTQUALITÄT MITTELS MOBILER MESSUNGEN

Wilhelm Kuttler, Thomas D. Wacker, Deutschland

Die innerstädtische Luftqualität ist in räumlicher und zeitlicher Hinsicht starken Schwankungen unterworfen. Zur Überwachung der Luftgüte dienen im allgemeinen nur wenige Luftthygienemessstationen der Landesumweltämter, die punktuelle Daten bei allerdings hoher zeitlicher Auflösung liefern. Um räumlich hoch aufgelöste Werte zu generieren, bietet sich die Durchführung von luftthygienischen Profilmessfahrten, analog zu den in der Stadtklimatologie verbreiteten Temperatur- und Feuchtemessfahrten, an. Hierdurch lässt sich die innerstädtische Immissionsstruktur hochaufgelöst erfassen.

Derartige Messfahrten werden exemplarisch in den im Mittleren Ruhrgebiet (Lage: 51° 27' N, 7° 47' E, Einwohner: 1,2 Mio.) gelegenen Städten Essen, Mülheim, Bottrop und Gelsenkirchen mit einer ballungsraum-typischen Flächennutzungsstruktur durchgeführt. Die durch diese Gebiete führende Messroute war 86 km lang und wurde während verschiedener Wetterlagen zwischen Februar und Dezember 2000 jeweils in der Zeit von 9:00 bis 15:00 Uhr (MEZ) befahren. Die durchschnittliche Geschwindigkeit des mobilen Messlabors betrug 8 m/s (16 m/s Autobahn) bei einer Abtastrate der Analytoren von 1 Hz. Bei diesen Messfahrten wurden die Spurenstoffe CO (IR-Absorption), NO, NO_x, (Chemilumineszenz) und O₃ (UV-Absorption) entsprechend der DIN und der VDI-Richtlinien erfasst.

Die erfassten Immissionsdaten werden nach den Flächennutzungstypen Autobahn, Hauptstraße, Nebenstraße, Wohngebiet und Grünfläche klassifiziert und generalisiert.

Für die Analyse wird weiterhin berücksichtigt: Straßenbreite, Straßenrandbebauung, Straßenvegetation, Straßenverlauf, Kfz-Emissionen, Verkehrsaufkommen, meteorologische Randbedingungen, photochemische Reaktionsverhältnisse, Jahreszeit, Wochentag und Tageszeit.

Die Kfz-bedingten Spurenstoffkonzentrationen zeigen in den verschiedenen Flächennutzungstypen neben unterschiedlichen Konzentrationshöhen auch charakteristische Verteilungsmuster.

Die relativen Standardabweichungen sind klein und weisen damit eine gute Repräsentanz für die einzelnen Flächennutzungstypen auf. Auf den Autobahnen sind die NO- und NO₂-Konzentrationen erwartungsgemäß signifikant höher als auf Hauptstraßen, Nebenstraßen, Wohngebieten und Grünflächen. Die NO- und NO₂-Konzentrationen nehmen von den Autobahnen über Hauptstraßen, Nebenstraßen, Wohngebieten zu Grünflächen hin ab, während sich die O₃-Konzentrationen jedoch gegenläufig verhielten. Grundsätzlich weisen die Verteilungsmuster eine Abhängigkeit von den Austauschbedingungen auf. So nehmen z. B. bei höheren Windgeschwindigkeiten die Konzentrationen der Kfz-bedingten Spurenstoffe ab. Zusätzlich werden die mobil ermittelten Spurenstoffkonzentrationen mit denen der im Untersuchungsgebiet gelegenen Luftthygienemessstationen, die die urbane Hintergrundkonzentration darstellen, verglichen.

Zur statistischen Absicherung der Ergebnisse werden im Jahr 2001 weitere luftthygienische Profilmessfahrten durchgeführt.

ANWENDUNG EINES KOMPLEXEN AUSBREITUNGSMODELLS ZUR BESTIMMUNG VON IMMISSIONS-KENNGRÖßEN IM GEGLIEDERTEN GELÄNDE

T. Sperling, F. Steffany, M. Kerschgens, Deutschland

Dem gesetzlich vorgeschriebenen Berechnungsverfahren zur Bestimmung der atmosphärischen Zusatzbelastung von genehmigungspflichtigen Anlagen liegt ein Gauß-Fahnenmodell zugrunde. Die Berechnungen dienen der Überprüfung, inwieweit beim Betrieb solcher Anlagen gesetzlich vorgeschriebene Grenzwerte eingehalten werden. Bei Beurteilungsgebieten im gegliedertem Gelände, bei denen Gauß-Berechnungen nur eingeschränkt eingesetzt werden können, ist es in der planerischen und beratenden Praxis üblich, mit Ausbreitungsmodellen zu arbeiten, die eine höherwertige Modellphysik als die des Gauß-Fahnenmodells beinhalten.

Ein solches alternatives Verfahren zur Durchführung von Ausbreitungsrechnungen im gegliederten Gelände wird vorgestellt. Das Verfahren ist Bestandteil des Programmsystems WiTraK (Windfeld-, Transport- und Klimatologie), welches sich aus einem massenkonsistenten Windfeldmodell, einem Euler'schen Ausbreitungsmodell und einem speziellen statistischen Auswertungsverfahren zusammen setzt. Das Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass Messstatistiken in die Erstellung von flächendeckenden Klimatologien mit eingehen und somit eine implizite Kalibrierung der Ergebnisse ermöglichen. Der Berechnung der Immissionsstatistik liegt eine Vielzahl von Ausbreitungsrechnungen mit unterschiedlichen Anströmgeschwindigkeiten, Anströmrichtungen und verschiedenen Schichtungsstabilitäten zugrunde. Mit diesen Einzelsimulationen können die in der Atmosphäre auftretenden unterschiedlichen meteorologischen Verhältnisse repräsentativ abgedeckt werden. Die für jeden Gitterpunkt und jede Einzelsimulation vorliegenden Werte erlauben somit eine flächendeckende Berechnung der Immissionskenngößen für das gesamte Beurteilungsgebiet.

Vergleichsrechnungen zwischen einem Beurteilungsgebiet einer typischen im Mittelgebirgsregion mit einem hypothetisch flach angenommenen, homogenen Gelände zeigen schon bei der Windfeldsimulation einen deutlichen Orographieeinfluss. Die starke orographiebedingte Beeinflussung des bodennahen Windfeldes hat erwartungsgemäß einen großen Einfluss auf die berechneten Ausbreitungsverhältnisse. Für zwei verschiedene Quellkonfigurationen wird eine Vergleichsrechnung zwischen den Ergebnissen des oben genannten komplexen Verfahrens und denen eines Gauß-Fahnenmodell gezeigt.

RINGVERGLEICH VON MODELLANWENDUNGEN BEI IMMISSIONSPROGNOSEN – EIN „NEUER“ BEITRAG ZUR QUALITÄTSSICHERUNG

W. Bächlin, W.J. Müller, A. Lohmeyer, Deutschland

Für die Berechnung verkehrsbedingter Immissionen innerhalb bebauter Gebiete gibt es unterschiedliche Methoden. Dies gilt für die Ausbreitungsmodellierung ebenso wie für die Bestimmung der Emissionen, die örtlich anzusetzenden meteorologischen Daten und die Vorbelastung. Je nach Methode/Modell sind Streubreiten von prognostizierten Immissionswerten zu erwarten. Im Sinne der Qualitätssicherung wurden daher analog zu Ringmessungen in der Messtechnik „Ringvergleichsrechnungen“ durchgeführt.

In Ergänzung zu früheren Modellvergleichen wurde hier die gesamte Kette von den Eingangswerten über die Ausbreitungsmodellierung bis hin zu den prognostizierten Immissionswerten praxisorientiert betrachtet, wobei im Gegensatz zu den bisherigen Untersuchungen diese Arbeiten nicht von **einem** Mitarbeiter **einer** bestimmten Institution, sondern von **mehreren** Mitarbeitern aus **unterschiedlichen** Institutionen durchgeführt wurden.

Es haben sich insgesamt 11 verschiedene Institutionen mit 14 unterschiedlichen Modellen/Methoden beteiligt. Drei Teilnehmer bearbeiteten die Fragestellung mit Hilfe von Windkanalexperimenten, 11 Teilnehmer bedienten sich numerischer Modelle, wobei sieben verschiedene Modelle zum Einsatz kamen. Die Ausschreibung, die Datenbereitstellung und die Kommunikation erfolgte über das Internet.

Die Untersuchung wurde am Beispiel der Podbielskistraße (Podbi) in Hannover durchgeführt und in zwei Bearbeitungsphasen aufgeteilt. Für die erste Phase standen Eingangsdaten in Form der Verkehrszahlen, der Meteorologiedaten und Daten zur Hintergrundbelastung zur Verfügung, die bereits bei Beginn der Untersuchung aus verschiedenen Quellen für zurückliegende Jahre vorlagen. Diese Daten waren von ähnlicher Güte, wie sie bei vielen Studien in der gutachterlichen Praxis auch eingesetzt werden. Immissionsmessungen im Untersuchungsquerschnitt lagen zu diesem Zeitpunkt noch keine vor. Zeitgleich zur ersten Bearbeitungsphase, die auf ca. fünf Monate beschränkt war, wurden aktuellere Eingangsdaten erhoben und in dem Untersuchungsquerschnitt Immissionsmessungen durchgeführt. Diese standen dann für die Berechnungsphase 2 zur Verfügung.

Die Ergebnisse der einzelnen Teilnehmer untereinander und mit den in Phase 2 gemessenen Immissionswerten werden gegenübergestellt. Die Zwischenergebnisse in Form der von den Teilnehmern berechneten Emissionswerte, der dimensionslosen Konzentration c^* , der Hintergrundbelastung und der Meteorologie werden vorgestellt. Die gelieferten statistischen Kennwerte in Form der Jahresmittelwerte und 98-Perzentilwerte treffen die Messwerte in einem vorgegebenen Vertrauensband gut, die Bandbreite ist schadstoffabhängig. Die Ergebnisse der Phase 1 zeigen, dass bei Eingangsdaten unzureichender Güte und Aktualität die Ergebnisse der einzelnen Teilnehmer sehr stark streuen. Eine deutlich bessere Übereinstimmung ergab sich in Phase 2 mit Erhebung deutlich verbesserter Eingangsdaten.

ANSÄTZE FÜR LUFTQUALITÄTSINDIZES

Helmut Mayer, Christina Koppe, Peter Griem, Fritz Kalberlah, Dieter Ahrens,
Deutschland

Zur Einschätzung der lufthygienischen Bedingungen in der Biosphäre existieren für einzelne Immissionskomponenten verschiedenste Beurteilungswerte, die teilweise rechtsverbindlich sind oder empfehlenden Charakter haben. Sie orientieren sich an Schützgütern oder Nutzungen. Unabhängig von der Bewertung der einzelnen Immissionskomponenten besteht jedoch ein Bedarf an Luftqualitätsindizes, z.B. in der Stadt- und Regionalplanung, über die zusätzlich die integrale Qualität der Luft in abgestufter Form gekennzeichnet werden kann. Sie sollten auf Immissionskomponenten beruhen, die in amtlichen Luftqualitätsmessnetzen langfristig gemessen werden, weil damit Trendaussagen über die Entwicklung der Luftqualität möglich sind. Sie hängen von der zeitlichen Entwicklung der Emissionsbedingungen und der meteorologisch geprägten Transmissionsverhältnisse ab.

Bestehende Ansätze für Luftqualitätsindizes LQI lassen sich in zwei Gruppen unterteilen:

- a) Indizes, die auf einer mathematischen Summation von relativen Immissionskonzentrationen beruhen und daher ein Maß für den relativen Gehalt der Atmosphäre an Luftschadstoffen, unabhängig von ihrer Wirkung, darstellen;
- b) Indizes, die auf der Basis des höchsten Index für einzelne Immissionskomponenten bestimmt werden, wodurch sich ein Wirkungsbezug herstellen lässt.

Beispielhaft für die Gruppe a wird der Vorschlag der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg für einen tagesbezogenen, statistischen Luftqualitätsindex (LQI_{BW}) diskutiert. Als Beispiel für die Gruppe b wird der Vorschlag des Forschungs- und Beratungsinstituts Gefahrstoffe GmbH (FoBiG) in Freiburg für einen tages- und wirkungsbezogenen Luftqualitätsindex (LQI_{FoBiG}) erörtert.

Im Rahmen von vergleichenden Testrechnungen für LQI_{BW} und LQI_{FoBiG} wird untersucht, ob und wie sich die Ergebnisse des statistischen Luftqualitätsindex LQI_{BW} von denjenigen für den wirkungsbezogenen Luftqualitätsindex LQI_{FoBiG} unterscheiden. Die Analysen beruhen auf Halbstundenmittelwerten der erforderlichen Immissionskomponenten, die an zwölf verschiedenen Luftmessstationen in unterschiedlichen Räumen im amtlichen Luftmessnetz Baden-Württemberg zwischen 1996 und 1998 erhoben wurden. Zusätzlich erfolgt eine Vertiefung der Testrechnungen für drei ausgewählte Wetterepisoden:

- winterliche Hochdruckwetterlage im Januar 1997 mit weitgehend schneebedecktem Boden, ausgeprägter Bodeninversion und daher hohen NO_2 -Konzentrationen;
- sommerliche Hochdruckwetterlage im August 1998 mit Ozon-Alarm in Baden-Württemberg;
- winterliche Hochdruckwetterlage im Januar 2000 mit Hochnebel bzw. Stratusbewölkung und weitgehend schneefreiem Boden.

STANDORTBEZOGENE METEOROLOGISCHE ZEITREIHEN IN DER ZUKÜNFTIGEN TA LUFT – KRITERIEN, METHODEN, HILFSMITTEL UND OFFENE FRAGEN

Jost Nielinger, Werner-Jürgen Kost, Deutschland

Entwicklungen zur Vorgehensweise bei künftigen Ausbreitungsberechnung in der geplanten Neufassung der bundesdeutschen TA Luft weisen darauf hin, dass neben Neuerungen in der Modelltechnologie (Lagrangesches Partikelmodell, diagnostisches Windfeldmodell) insbesondere auch im Hinblick auf die Umsetzung der einschlägigen EU-Richtlinien und –grenzwerte meteorologische Messzeitreihen die bislang gebräuchlichen Ausbreitungsklassenstatistiken ablösen sollen.

Gleichzeitig wird richtigerweise an der Forderung des Standortbezuges der in einer Ausbreitungsrechnung verwendeten meteorologischen Daten festgehalten.

Es stellt sich die Frage, inwieweit gemessene meteorologische Zeitreihen zeitlich und räumlich repräsentativ sind, und wie und unter welchen Bedingungen gegebenenfalls diese gemessenen Zeitreihen übertragen werden können und dürfen. Insbesondere im Hinblick auf die möglichen Folgen im Rahmen von Genehmigungsverfahren muss dieser Themenkomplex mit großer Sorgfalt behandelt werden.

Der Beitrag stellt Kriterien vor, die es in der Praxis erlauben sollen, zu entscheiden, ob eine Zeitreihe zur Ausbreitungsrechnung direkt verwendet werden kann oder ob eine standortbezogenen Zeitreihe geeignet generiert werden muss.

Es werden verschiedene Möglichkeiten zur Übertragung einer Zeitreihe vorgestellt und diskutiert. Dabei wird auch auf Anforderungen an die Messwerte und deren Verfügbarkeit eingegangen.

Auf Basis eines Vergleiches von Messungen und Modellsimulationen mit dem Mesoskalenmodell FITNAH wird die Übertragbarkeit in topographisch gegliedertem Gelände grundsätzlich untersucht und auf mögliche Schwierigkeiten und Grenzen hingewiesen.

ZUR ENERGIEBILANZ IN STÄDTEN: FORTSCHRITTE IM RAHMEN DER ARBEITSGRUPPE 2 DER COST - AKTION 715 "METEOROLOGY APPLIED TO URBAN AIR POLLUTION PROBLEMS"

Martin Piringer, Österreich

COST (Abkürzung für Kooperation auf dem Gebiet der Wissenschaft und Technologie) ist ein Rahmen zur Koordination von Forschung in Europa und unterstützt und erleichtert den gegenseitigen wissenschaftlichen Austausch unter den Mitgliedern. COST finanziert die Koordination und die Vernetzung, aber nicht die Forschung selbst. Die wissenschaftlichen Ziele einer COST - Aktion werden in einem sogenannten "Memorandum of understanding" festgelegt, das von zumindest fünf Mitgliedsländern unterzeichnet werden muss. Eine Aktion dauert im allgemeinen fünf Jahre. An der COST - Aktion 715 sind 19 Länder beteiligt, und sie endet im September 2003. Sie wird von Bernard Fisher, UK Environment Agency, und Michael Schatzmann, Universität Hamburg, geleitet.

Hauptziel der COST - Aktion 715 ist die Verbesserung und die Verbreitung der Kenntnis jener meteorologischen Parameter, die das Schadstoffniveau in Städten bestimmen. Empfehlungen über den Gebrauch routinemäßig vorhandener meteorologischer Information in Umweltgutachten sollen ausgearbeitet werden. Die Aktion ist in vier Arbeitsgruppen organisiert, die sich mit dem städtischen Windfeld, der Energiebilanz und der Mischungshöhe, mit Episoden hoher Luftverschmutzung und mit meteorologischen Inputdaten für Stadtuntersuchungen beschäftigen. Der gegenständliche Vortrag befasst sich mit den Arbeitsfortschritten der Arbeitsgruppe 2, Energiebilanz und Mischungshöhen.

Im einzelnen werden das inhaltliche Konzept, spezifische COST - Studien, die Ergebnisse eines international besetzten Workshops in Antwerpen über die Energiebilanz in Städten und die weiteren Schwerpunkte der Arbeitsgruppe vorgestellt und diskutiert.

FLÄCHENHAFT REGIONALISIERUNG VON KLIMAGRÖßEN AUS MESSFAHRTSPUREN DURCH GIS-GESTÜTZTE MATHEMATISCHE ANALYSEVERFAHREN

R. Kunka, R. Oestreicher, Deutschland

Die Ausbreitung von Luftschadstoffen und Gerüchen in unmittelbarer Bodennähe hängt in weit stärkerem Maße von der Orografie des Geländes, der Oberflächenstruktur bzw. -rauigkeit, Hindernissen auf dem Ausbreitungsweg und dem Temperaturregime der bodennahen Luftschicht ab als bei der Ableitung hoher Quellen in die freie Atmosphäre. In zunehmendem Maße gewinnen bodennahe Luftströmungen, in die z.B. Quellen des Straßenverkehrs oder landwirtschaftliche Anlagen emittieren, an Bedeutung.

Üblicherweise werden flächenhafte Darstellungen von Temperaturfeldern bestimmter Regionen durch IR-Thermalscannerbefliegungen oder durch reine Simulationen erzeugt. Die Übertragung der gewonnenen Werte der Oberflächenstrahlungstemperatur nach Befliegungen auf die darüberliegende bodennahe Luftschicht ist nicht unproblematisch, wenn die Oberflächen nicht genau analysiert werden. Außerdem verursacht diese Methode erhebliche Kosten und einen hohen logistischen Aufwand. Der Erfolg steht und fällt mit der anhaltenden Stabilität der Wetterlage.

Da die Temperaturfelder bei autochthonen Wetterlagen ein gutes Indiz dafür sind, in welchen Bereichen lokale Kaltluftflüsse oder andere Strömungen in Erscheinung treten, haben die Autoren nach Wegen gesucht, wie mit verfügbaren Messfahrzeugen zur mobilen Temperaturmessung und anderen Datengrundlagen ein wirtschaftliches und effizientes Verfahren der Erzeugung von Temperaturfeldern aus einer Kombination von Messfahrten und mathematischen Korrelationsverfahren entwickelt werden kann, das Befliegungen oder reinen Simulationen mindestens adäquate Ergebnisse liefert.

Die Methodik und die Ergebnisse anhand eines Beispiels sollen in diesem Beitrag dargestellt werden. Ausgangspunkt sind Temperaturmessfahrten, die eine genügende Auflösung der gefahrenen Spur erlauben. Wesentlich ist die Messfahrtplanung, die so aufgebaut sein muss, dass möglichst alle sich unterscheidenden erkennbaren Strukturen der Orografie und Landnutzung bei den Fahrten erfasst werden und geeignete temporäre Feststationen als Referenzstation zur Verfügung stehen.

Die wesentliche Aufgabe nach den Messfahrten ist die Kopplung der Messergebnisse mit den Parametern, die die Temperaturen an den einzelnen Punkten beeinflussen. Wesentliche Größen, wie ein digitales Höhen- und Landnutzungsmodell steht im allgemeinen in geografischen Informationssystemen zur Verfügung. Das digitale Geländemodell wird so aufbereitet, dass Hangneigungen nach mindestens acht Richtungen und ihren Steigungen sowie Kuppen und Senken herausgefiltert werden. Die Landnutzung wird nach 11 Realnutzungsklassen unterschieden und mit dem System verkoppelt.

Nachdem die Messfahrten zeitkorrigiert wurden, stehen sie als Spur im GIS zur Verfügung. Den Temperaturen sind punktuell definierte Landnutzungen im Umkreis der Fahrtstrecke sowie bestimmte Orografieparameter zuzuordnen. Bei geeigneter Auswahl der Fahrtstrecke ist es nunmehr möglich, die entsprechenden Werte auf die nicht vermessenen aber gleich parametrisierten Gebiete zu übertragen.

Das Verfahren wurden bereits mehrfach bei Untersuchungen in Thüringer Städten plausibel angewendet. Für einige Gebiete wurden auch reine Simulationen mit dem prognostischen meteorologischen Modell FITNAH durchgeführt, deren Ergebnisse qualitativ vergleichbar sind.

Die Autoren sind überzeugt, dass in Städten im Hügel- und Bergland mit der beschriebenen Methode kostengünstig plausible flächendeckende Temperaturfelder erzeugt werden können, von denen aus sich bei zeitlicher Staffelung der Messfahrten z.B. auch Klimatopkarten aus Temperatur und Abkühlung ableiten lassen, die als wichtige Bestandteile planungsrelevanter Unterlagen für lufthygienische Situationseinschätzungen und Klimaanalysen gelten.

METRAS+: EIN BENUTZER-ORIENTIERTES WERKZEUG ZUR STADT- UND REGIONALPLANUNG FÜR BERATUNGSUNTERNEHMEN UND BEHÖRDEN

Klaus Bigalke, Hans-Dieter Haenel, Heiko Pankus, K. Heinke Schlünzen, Deutschland

Im vergangenen Jahrzehnt haben zunehmend komplexere meteorologische Modelle zur Simulation von Ausbreitungsvorgängen (Schadstoffe, Geruch) oder des Stadt- und Regionalklimas Einzug in die gutachterliche Praxis von Beratungsunternehmen und Behörden gehalten. Diese Entwicklung spiegelt sich auch in neu veröffentlichten oder in Bearbeitung befindlichen Richtlinien (z.B. VDI-Richtlinien zu diagnostischen und prognostischen Modellen) wieder. Auch die deutsche „Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft“ (TA Luft) wird nach 1 ½ Jahrzehnten Festschreibung des einfachen Gaußmodells für Ausbreitungsberechnungen gegenwärtig überarbeitet und der wissenschaftlichen Weiterentwicklung im Bereich der Modellierung Rechnung tragen.

Konnten in der Vergangenheit einfache Modelle wie das Gaußmodell der TA Luft auch von Mitarbeitern mit wenig Fachkenntnissen in Ingenieurbüros oder Behörden schnell und effizient eingesetzt werden, so stellt der höhere Komplexitätsgrad beispielsweise prognostischer mikro- und mesoskaliger Modelle auch höhere Anforderungen an

- a) die Fachkenntnis des Anwenders
- b) die Vorbereitung, Durchführung und Kontrolle von Modellrechnungen und
- c) die Evaluierung der Modellergebnisse („Qualitätssicherung“).

Diese höheren Anforderungen und die daraus resultierenden höheren Kosten für Umweltuntersuchungen verhindern bisher häufig den Einsatz von Modellen, die den komplexen Aufgabenstellungen besser angepasst sind als einfache Modelle. Das Modellsystem **METRAS+** wurde mit dem Ziel entwickelt, Anwendern in Behörden und Beratungsunternehmen ein komplexes Untersuchungswerkzeug für die Stadt- und Regionalplanung an die Hand zu geben, bei gleichzeitiger Minimierung der oben genannten Anforderungen.

METRAS+ umfasst als Programmpaket

- den Preprozessor **THD** zur Aufbereitung von Gebietsausschnitten aus einem gesamtdeutschen Topographiedatensatz.
- den Preprozessor **GRID** zur Erstellung von Modellgittern aus Topographie-Gebietsausschnitten.
- das mesoskalige Transport- und Strömungsmodell **METRAS PC**. Gegenüber der seit 1998 allgemein verfügbaren Version dieses Modells verfügt diese neue Version u.a. über einen erweiterten Turbulenzansatz und ein Modul zur Ausbreitungs- und Depositionsberechnung von Stoffen.
- das Evaluierungsprogramm **EVA**. Dieses Programm erstellt ein Evaluierungsprotokoll gemäß den Anforderungen der geplanten VDI-Richtlinie 3783, Bl. 7 „Prognostische mesoskalige nicht-hydrostatische Windfeldmodelle“. Es kann auch zur Evaluierung von Ergebnissen anderer mesoskaliger Modelle als **METRAS PC** eingesetzt werden.

Das gesamte Programmpaket läuft unter einer einheitlichen Windows-Oberfläche und kann unter Windows 98 / NT 4 / 2000 eingesetzt werden.

Die benutzer-orientierte Windowsoberfläche einschließlich einer Konsistenz- und Fehlerprüfung aller Eingabeparameter reduziert die unter (b) genannten Anforderungen erheblich. Das integrierte Evaluierungsprogramm ermöglicht eine effektive Qualitätssicherung von Modellergebnissen nach anerkannten Normen (c). Damit soll **METRAS+** dazu beitragen, dass mesoskalige Modellrechnungen künftig häufiger und kostengünstiger in Untersuchungen zur Stadt- und Regionalplanung eingesetzt werden können.

Im Vortrag wird neben der Programmoberfläche von **METRAS+** ein Anwendungsbeispiel für das Modellsystem vorgestellt werden.

Die Entwicklung von **METRAS+** wurde gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt.

MIKROSKALIGE MODELLIERUNG DER SCHADSTOFFAUSBREITUNG IN DER STÄDTISCHEN HINDERNISSCHICHT

Michael Schatzmann, Bernd Leitl, Deutschland

Die Luftqualität in Städten wird überwiegend durch verkehrsbedingte Emissionen beeinträchtigt. Die Schadstoffe werden innerhalb der Hindernisschicht freigesetzt, eine Zone, in der das Windfeld durch Gebäude erheblich gestört wird. Durch den Gebäudeeinfluss kommt es zu lokal stark unterschiedlichen Konzentrationsfeldern. Die Gebäude lediglich als erhöhte Bodenrauigkeit zu berücksichtigen, ist daher nicht mehr vertretbar.

Begünstigt durch immer leistungsfähigere und preiswertere Computer wurde inzwischen eine größere Zahl hindernisauflösender mikroskaliger Modelle entwickelt. Viele dieser Modelle werden inzwischen kommerziell angeboten und zum Beispiel im Rahmen von Umweltverträglichkeitsprüfungen eingesetzt. Entscheidungen mit weitreichenden politischen und finanziellen Konsequenzen basieren auf den Aussagen dieser Modelle. Somit stellt sich die Frage, ob die Modelle bereits hinreichend ausgereift und evaluiert sind, um diese Aufgabe erfüllen zu können.

Der Vortrag liefert einen Beitrag zur Beantwortung dieser Frage. Ergebnisse von Feldmessungen in Straßenschluchten, von entsprechenden Windkanalexperimenten und von Modellrechnungen werden miteinander verglichen und systematische Unterschiede in den Ergebnissen diskutiert. Sodann werden Folgerungen für erfolgsversprechende Evaluierungsstrategien für mikroskalige Modelle

STRÖMUNG UND TURBULENZ IM BEREICH DES BAHNHOFES WIEN – MITTE

Martin Piringer, Gabriele Rau, Kathrin Baumann, Österreich

Im Auftrag der Österreichischen Bundesbahnen wurden die Durchlüftungsverhältnisse im Bereich des Bahnhofs Wien - Mitte im Vergleich zur Überdachströmung vermessen und modelliert. Der Bahnhof selbst ist auf einer Länge von rund 450 m und einer Breite von rund 50 m überdacht und befindet sich rund 5 m unterhalb des umgebenden Straßenniveaus. Die Umgebung ist mit Gebäuden unterschiedlicher Höhe (z. T. Hochhäuser) bebaut; über den Bahneinschnitt außerhalb des überdachten Bahnhofbereichs führen Brücken. Der überdachte Bahnhofsbereich weist eine Krümmung auf und erstreckt sich von Nordosten nach Süden. Aufgrund dieser komplexen Gegebenheiten war besonderes Augenmerk auf die Position der einzusetzenden Messgeräte zu legen. Im Bereich des Nordosteingangs wurde ein Ultraschallanemometer, im Bereich des Südeingangs eine konventionelle meteorologische Station aufgestellt und über den Zeitraum von zwei Monaten, von Anfang August bis Anfang Oktober 2000, betrieben. Die Messgrößen Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Temperatur wurden zwischen den beiden Geräten sowie mit den Überdach - Verhältnissen, gemessen an der TAWES - Station Operngasse, ca. 1 km entfernt, verglichen. Das Ultraschallanemometer misst außerdem die Vertikalgeschwindigkeit und Turbulenzparameter. Zusätzlich wurde mit dem mikroskaligen Wind- und Ausbreitungsmodell MISKAM, entwickelt an der Universität Mainz, die Modifikation der Strömung im Bahnhofsbereich simuliert. Die Ergebnisse von Messung und Modellierung im Hinblick auf die Modifikation der Strömung im Bahnhofsbereich werden vorgestellt und diskutiert.

METEOROLOGISCHE ASPEKTE BEI DER SIMULATION DER SCHALLAUSBREITUNG

Dietrich Heimann, Deutschland

Die Ausbreitung von Schall in der Atmosphäre ist wegen der Refraktion abhängig von den meso- und mikroskaligen Gradienten der effektiven Schallgeschwindigkeit der Luft, die wiederum eine Funktion der Wind- und Temperaturgradienten ist. Letztere sind ihrerseits abhängig von der Topografie und allfälligen Hindernissen. Die Topografie indes führt zu Reflexion und Diffraktion von Schallwellen und übt somit auch einen direkten Einfluss auf die Schallausbreitung aus. Gilt es nun die Ausbreitung von Schallwellen in der Atmosphäre zu simulieren, so müssen die Annahmen in Hinblick auf die Topografie, die Meteorologie und das Schallfeld konsistent zusammenpassen. Dies hat bislang in der Praxis der Lärmimmissionsprognosen nicht in ausreichender Weise Berücksichtigung gefunden.

An Hand von Beispielen wird diskutiert, wie die Schallausbreitung in der Atmosphäre mit gekoppelten meteorologischen bzw. strömungsdynamischen und akustischen Modelle simuliert werden kann. Zwei- und dreidimensionale numerische Simulationen zeigen die Einflüsse der Topografie und der entsprechend mesoskalig gestörten Atmosphäre in der Umgebung eines Hügels. Auch wird gezeigt, dass sich der Effekt einer Lärmschutzwand verändert, sobald diese überströmt wird.

Die vorgestellten Verfahren bilden eine Grundlage für neuartige Lärmprognoseverfahren, deren Entwicklung im Rahmen des HGF-Projekts "Leiser Flugverkehr" und des Forschungsverbunds "Leiser Verkehr" geplant ist.

SYSTEMATIC TESTING OF A MEASUREMENT CONTAINER SYSTEM IN A BOUNDARY LAYER WIND TUNNEL

S. Aubrun, B. Leitl, F. Holland, M. Schatzmann, Deutschland

At the Institute for Atmospheric Chemistry of the Forschungszentrum Jülich a number of research projects focusing on atmospheric transport and atmospheric chemistry is carried out. In this context, field measurements of tracer gases is setting up a priority. A Laser-Induced-Fluorescence measurement system (LIF) installed in a measurement container is used for sampling of tracer gases relevant for climatic changes. The measurement container is operated on the ground or, in order to reduce ground effects, set up on a 5 m high scaffold. Several questions arise, for instance when the data measured with the LIF-container have to be compared with similar data taken from a meteorological mast. The container represents a bluff body and due to blockage effects the effective sampling height of gas samples taken at the container is not equal to the height of the sampling points above ground. As a result of local flow separation at the edges of the container, the samples taken might have had contact with the container surface. Surface contact due to local recirculation can significantly affect the measured concentrations of chemically reactive tracers. Another practical question related to container-measurements in the field is, for instance, where the air masses sampled come from. If, as in the present case, biogenic emissions are the tracers to be measured one needs to quantify which amount of the sample originates from ground level sources in front of the container and what fraction might have been mixed in by long-range transport from sources other than the one of interest.

In order to answer the questions listed above, a systematic set of wind tunnel experiments has been carried out. In the small boundary layer wind tunnel of the Meteorological Institute at Hamburg University two scaled models of the LIF container have been investigated with respect to the flow patterns around the container, blockage effects due to the container body and the origin of the air masses sampled. Using a Laser light sheet flow visualisation technique, flow separation and recirculation areas around the container have been visualised. Based on component-resolving flow measurements around the container model, the effective sampling height of the existing measurement configuration was calculated. In addition, a further improvement of the container shape has been suggested in order to minimise measurement errors due to pollution of the sample by recirculating air masses local above the sampling points. By means of tracer gas experiments, the "foot-print" measured with the current container configurations has been quantified. The contribution demonstrates the capabilities wind tunnel modelling provides for the planning of effective field measurements and for the quality assurance of field data.

VON DER STADTKLIMATOPKARTE ZUR HYPOTHETISCHEN KLIMAFUNKTIONSKARTE FÜR EINE STÄDTEBAULICHE RAHMENPLANUNG

Claudia Erler, Otto Stüdemann, Deutschland

In Rostock wurden eine Methodik erarbeitet und Kriterien ausgewählt, die es ermöglichen, die Kosten und den Aufwand zur Erstellung einer städtischen Klimafunktionskarte zu minimieren.

Für die Erstellung einer aussagekräftigen, für die städtebauliche Rahmenplanung verwendbaren Klimafunktionskarte werden nach dieser Methode die Stadtklimatopkarte, eine Thermal-Infrarot-Karte gleichen Maßstabes sowie ein Interpretationsschlüssel der Farbskala, eine Kartierung der Vegetationsarchitektur und Baukörperstruktur und der Bauleitplan (Flächennutzungsplan bzw. Bebauungsplan) benötigt.

Am Beispiel der für Rostock entwickelten Klimafunktionskarte wird diese Methodik dargestellt.

Die Erfassung des Bearbeitungsgebietes an Hand von Thermal-Infrarot-Bildern einer Befliegung erfolgte nach der stärksten Erwärmung während einer windschwachen ($< 1,4$ m/s), strahlungsreichen ($< 2/8$ Bewölkung), sommerlichen Hochdruckwetterlage. Um Vergleichs- und Aussage unterstützende Daten zu erhalten, wurde im Bearbeitungsgebiet synchron zur Befliegung eine Messkampagne zur Erfassung terrestrischer Oberflächentemperaturen mittels Thermal-Infrarot-Sensor und GPS-Standortermittlung gefahren. Auf der Grundlage dieser Daten konnten ergänzende Aussagen zur Stadtklimatopkarte hinsichtlich des thermischen Regimes getroffen werden.

Ausgehend von einem Aufnahme- und Betrachtungsmaßstab M 1:10.000 bis 1:25.000 lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

Die Tope können bezüglich ihrer Anordnung und Vergesellschaftung funktional gekennzeichnet werden.

Prozessfunktionen verschiedener Prozessebenen können abgeleitet werden. Damit ist eine Abschätzung bzw. Vorhersage mittelbarer und unmittelbarer Wirkungen von Luftmassentransporten unterschiedlicher Raum-Zeit-Skalen möglich.

Die Erkenntnisse sind direkt in das städtebauliche Programm umsetzbar. Es können Hinweise nicht nur für die innerstädtischer Stadtplanung gegeben werden, sondern auch für die Stadtumland-Planung, welche gegebenenfalls sogar einen größeren Stellenwert einnehmen kann.

Die von Rostock so entwickelte städtische Klimafunktionskarte gewährleistet eine hinreichende Aussagekraft für die städtebauliche Rahmenplanung.

Darauf aufbauend wurde ein allgemeines Entwicklungskonzept zur Erstellung von Stadt-Klimafunktionskarten für die städtebauliche Rahmenplanung erarbeitet.

PLANERISCHES BEWERTUNGSVERFAHREN AUF GRUNDLAGE EINER STADTKLIMAANALYSE

Lutz Katzschner, Deutschland

Die Umsetzung stadtklimatischer Fachbewertungen in die Stadtplanung ist in vielen Fällen zu unpräzise, um nachhaltig wirken zu können. Dies liegt zum einen an einer nicht immer handhabbaren Klimabewertung der Stadtklimatologen für die Anwendung und zum anderen an der mangelnden Präzision planerischer Anfragen. Der Aufsatz beschäftigt sich mit dem Bindeglied zwischen der VDI Richtlinie 3787 Blatt 2 und der planerischen Abwägung.

Am Beispiel einer Masterplanung für eine Konversionsplanung in Kassel wurde die humanbiometeorologische Bewertung in eine klimatisch orientierte Planungsbewertung überführt. Basis war eine Stadtklimaanalyse im Maßstab 1:10 000 und kleinräumige Stadtklimamessungen.

Der hier gewählte Arbeitsansatz geht davon aus, dass die klimatische Bewertung über thermische Indizes allein nicht ausreicht, sondern noch in praktikable Kategorien einer Planungsabwägung überführt werden muss, welche als Zielvorgaben die thermischen Komfortbedingungen der städtischen Freiräume haben. Für das Untersuchungsgebiet bedeutete dies wiederum bei gleicher thermischer Situation durchaus unterschiedliche planerische Bewertungen.

Das methodische Vorgehen umfasst zwei wesentliche Schritte a) eine kleinräumige Interpretation der Stadtklimaanalyse b) Kalibrierung der Klimaklassen durch Messungen unter Zuhilfenahme der thermischen und dynamischen Eigenschaften des Stadtklimas.

Inhalte stadtklimatischer Bewertungen	Inhalte planerischer Zielvorgaben und Bewertungen
Thermisches Niveau (PET) Ventilationsflächen (Rauhigkeit, effektive Höhe) Wirkungsraum - Ausgleichsraum	Weg Zeit Faktor als Maß der Nutzungseignung, mittlere Eignungen für Freiraumnutzungen für Freiraumnutzungen Sanierungsgebiete/Belastungsräume

Dadurch wurde für das Plangebiet eine eindeutig definierte Flächenzuordnung und Bewertung möglich. In einer nach planerisch ausgerichteten Fragestellungen wurde ein Ablaufschema entwickelt, in dem die klimatischen Bewertungskriterien den planerischen Kategorien gegenübergestellt sind und daraus eine Klimaklassifikation für Planungsprozesse abgeleitet werden konnte. Ergebnis ist eine Klimabewertungskarte für die verbindliche Bauleitplanung.

Katzschner, L. 1999: Klimaanalyse für die Masterplanung Rothenditmolde, Wohnstadt Kassel

VDI 1996: Methoden zur humanbiometeorologischen Bewertung von Klima und Luftthygiene für die Stadt und Regionalplanung Teil I, Düsseldorf

DAS KRISENMODELLPAKET TAMOS DER ZAMG FÜR NUKLEARE STÖRFÄLLE:

TEIL 1 - BESCHREIBUNG DES MODELLSYSTEMS

M. Langer, U. Pechinger, E. Polreich, E. Petz, Österreich

Die Zentralanstalt f. Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) hat die Aufgabe, bei einem Störfall in einem Kernkraftwerk das staatliche Krisenmanagement zu beraten. Es ist Auskunft darüber zu geben, wann und wo freigesetztes radioaktives Material nach Österreich transportiert wird und welche Belastungen dadurch voraussichtlich zu erwarten sind. Für diese Beratung wurde an der ZAMG das Krisenmodellpaket TAMOS entwickelt, welches sowohl für grenznahe als auch für weiter entfernte AKW-Standorte Echtzeitberechnungen von Trajektorien, Ausbreitungs- und Depositionsfeldern ermöglicht. Für die Behandlung großräumiger Transportvorgänge werden Analyse- und Prognosefelder des Europäischen Zentrums für mittelfristige Wettervorhersage (EZMW) verwendet. Für kleinräumige Fragestellungen zur Beratung bei Störfällen in grenznahen Nuklearanlagen stehen ein diagnostisches Windfeldmodell auf der Basis der online-verfügbaren Messdaten des Teilautomatischen Wetter- Erfassungs-Systems (TAWES) der ZAMG sowie Prognosefelder des Mesoskalenmodelles ALADIN des französischen Wetterdienstes zur Verfügung. Für eine einfache und sichere Handhabung des Modellpaketes zur zeitkritischen Anwendung bei Nuklearstörfällen wurde das Modellpaket in eine graphische Benutzeroberfläche integriert und steht dem operationellen Dienst rund um die Uhr zur Verfügung. In diesem Vortrag wird das gesamte Krisenmodellpaket beschrieben, und besondere Aspekte, die sich aus der Verwendung unterschiedlicher meteorologischer Eingangsdaten ergeben, werden erläutert.

STADTKLIMA UND LUFTHYGIENE IN BUCARAMANGA/KOLUMBIEN

R. Lazar, Österreich

Viele Städte in Südamerika verzeichneten in den letzten Jahrzehnten einen außerordentlichen Bevölkerungszuwachs, der auch mit einer drastischen Zunahme des Verkehrs einher ging. Damit verbunden verschlechterte sich die lufthygienischen Bedingungen, wobei im Falle Bucaramanga neben den Stickoxiden speziell der Dieselruß von veralterten Bussen ein gesondertes Problem darstellt. Außerdem gibt es in Bucaramanga eine Zementfabrik, die im nördlichen Teil der Stadt erhebliche Immissionen verursacht.

Im Zuge einer Stadtklimaanalyse, die im Jahre 1997 initiiert wurde, sind mittels eines Sonderstationsnetzes und Meßfahrten die Grundlagen für die Schadstoffausbreitung erhoben worden. Trotz seiner innertropischen Lage (7°n. Br., Seehöhe 1050m) und damit verbundenem erhöhtem Bewölkungsmaß weist Bucaramanga (ca. 600.000 Einwohner) recht ausgeprägte stadtklimatische Züge auf, die in den Regenzeiten allerdings nur sehr abgeschwächt zur Geltung kommen. In den trockeneren Perioden (Dez. bis Feb. und Juni bis August) wirkt sich die abgeschirmte Lage (Ostkordillere) gegenüber den Passaten günstig für die Ausbildung einer Wärmeinsel (Temperaturdifferenzen von 2 bis 4K zwischen Umland und Stadtzentrum) und von Lokalwinden aus, die auch für die Lufferneuerung in der Stadt eine wichtige Rolle spielen. Insbesondere nachts und morgens sind es Kaltluftabflüsse von den Hängen bzw. ein Talaustritt, die in den heiteren Nächten nachgewiesen werden konnten (Fesselballonsondierungen).

Während die klimatologischen Untersuchungen kurz vor ihrem Abschluß stehen, sind die Erhebungen bez. Staub (Zementwerk) und der Stickoxide noch voll im Gange. Die bisherigen Ergebnisse der Stadtklimaanalyse – zusammengefaßt in einer Klimatopkarte und ergänzt durch eine Karte der planerischen Hinweise – werden in der Stadtplanung für die Ausweisung von neuen Industriestandorten und Wohngebieten herangezogen; desgleichen wird das System der öffentlichen Verkehrs neu konzipiert.

AUSGEWÄHLTE KLIMAINDIKATOREN FÜR DIE REGION TRIER

Johannes Lüers, Deutschland

Zur Implementierung der Schutzgutes ‚Klima‘ in die gesetzliche Eingriffsregelung (Ausgleichsansatz) nach Bundes-Immissionsschutzgesetz, Baugesetzbuch (Umweltgesetzbuch UGB) auf regionaler Ebene (Raumordnung, Landschaftsrahmenplanung und UVP) und auf lokaler Ebene (Bauleitplanung) bedarf es geeigneter Bewertungssysteme für die praktische Anwendung im gesetzlichen Planungsablauf.

Für einige Glieder des Wertesystems (Leitbild, Leitlinie, Umweltqualitätsziel, Umweltqualitätsstandard, Indikator und Parameter) und für einige Bewertungsverfahren (Analyse, Beurteilung, Reihung und Zustandsabgleich) wurden von verschiedener Seite für den Themenbereich Klima und Luft Definierungen vorgeschlagen (VDI; Mosimann; Schirmer; Zimmermann; Baumüller, Reuter).

Für den Bereich Luftqualität bzw. Lufthygiene sind Ziele und Standards (Richtlinien, Grenzwerte) bereits etabliert. Für den Bereich Klima zeigen sich sowohl Lücken in der Formulierung als auch in der praktischen Umsetzung. Anwendung findet heute eine sogenannte "schutzgutbezogene Bewertung". Hier hat die Funktion des Gutes (Klima) eigentliche Bedeutung (→ Funktion im Ökosystem; vgl. Biotoptypenkartierung mit Kriterien wie Natürlichkeit, Seltenheit, Vielfalt, Flächengröße, Regenerierbarkeit oder Ersetzbarkeit).

Dieser Beitrag will in diesem Zusammenhang und als Teil des Sonderforschungsbereichs 522 „Umwelt und Region“ (Projekt B1 „Regionalklima“) ausgewählte Klimaindikatoren wie Wärmebelastung, Kältereiz, Gradtagzahl (Heizgradwert), Strahlungsgunst und -ungunst, Vegetationsperiode, Windchill, Frostgefährdung (Spät,- Frühfröste) für die Region Trier aufzeigen.

Hierzu wurden für die Region Trier (ehemaliger Regierungsbezirk Trier) klimaökologische Teilregionen ausgegliedert, wobei neben den klimatologischen Gegebenheiten auch die Planungsrelevanz (Bearbeitungsinhalte und Bearbeitungstiefe) Berücksichtigung fanden.

Für diese Klimaregionen wurden einerseits relevante Messstandorte des DWD's ausgewählt und hinsichtlich der zuvor definierten Klimaindikatoren ausgewertet. Andererseits wurden mit Hilfe von computergestützten ProgrammROUTINEN flächenhafte Verteilungen ausgewählter Indikatoren berechnet.

NACHBILDUNG WESENTLICHER TURBULENZEIGENSCHAFTEN EINER STÄDTISCHEN GRENZSCHICHT IM GRENZSCHICHTWINDKANAL

Frauke Pascheke, Deutschland

Aufgrund des anhaltenden Bevölkerungszuwachses in Ballungszentren gewinnt die Untersuchung von stadtklimatischen Vorgängen in wissenschaftlicher und politischer Hinsicht weltweit an Bedeutung. Zahlreiche Faktoren aus verschiedenen Wissenschaftsgebieten tragen zum Stadtklima bei. Die aus der Strömungslehre abgeleiteten Gesetzmäßigkeiten lassen sich unter Beachtung der wesentlichen meteorologischen Randbedingungen auf die Atmosphäre übertragen. Der Beitrag, der damit zur Untersuchung von stadtklimatischen Zusammenhängen geleistet werden kann, umfasst die Gebäudeumströmung, Schadstoffausbreitung und die Stadtbelüftung.

Das Ziel stadtklimatischer Untersuchungen ist, handliche Werkzeuge zu entwickeln, mit deren Hilfe Prognosen zu Auswirkungen von städtebaulichen Maßnahmen auf das Stadtklima gegeben werden können. Damit können Veränderungen und Neuplanungen optimiert werden. Bislang stützt sich die Städteplanung vorwiegend auf numerische Strömungsmodelle, die je nach Entwicklungsstand eine unterschiedliche Anzahl aller wichtigen Randbedingungen berücksichtigen. Um den Rechenzeitaufwand möglichst gering zu halten, ist es notwendig einige Größen durch geeignete Parametrisierungen zu ersetzen. Solche vereinfachenden Abschätzungen werden überwiegend aus Naturmessungen abgeleitet. Die Wahl der Messstelle spielt dabei eine entscheidende das Ergebnis beeinflussende Rolle, da die Komplexität der inner-städtischen Gebäudemuster eine Überlagerung mehrerer Strömungsmuster erzeugt. Der Einfluss der meteorologischen Randbedingungen führt zusätzlich dazu, dass die Ergebnisse, die aus solchen Naturmessungen unter großem technischen und finanziellen Aufwand gewonnen werden, selten statistisch abgesichert sind.

Eine Alternative zu Naturmessungen stellt die physikalische Modellierung von atmosphärischen Strömungen in einem Grenzschichtwindkanal dar. Der Vorteil gegenüber Naturmessungen liegt in der Stationarität und Reproduzierbarkeit des erzeugten Strömungsfeldes, die eine systematische Änderung und Untersuchung einzelner Parameter zulassen, ohne dass zu-fällige Einflüsse die Ergebnisse verfälschen. Die Modellierung von atmosphärischen Strömungen in einem Grenzschichtwindkanal setzt die naturgetreue Nachbildung der charakteristischen Strömungs- und Turbulenzstrukturen voraus. Bei der Untersuchung von innerstädtischen Strömungsstrukturen bedeutet dies, dass das Grundströmungsfeld die Eigenschaften enthält, die sich in atmosphärischen Strömungen über der Rauigkeit "Stadt" ausbilden. Ist dies der Fall, stellt sich in maßstäblich verkleinerten Gebäudestrukturen ein realitätsnahes Strömungsfeld ein. Indem die Komplexität der Gebäudestrukturen nach und nach herabgesetzt wird, bis sie schließlich der stark vereinfachten kubischen Geometrie von numerischen Modellen entspricht, ist es möglich, die entscheidenden Faktoren zur Entstehung der Strömungsmuster herauszufiltern. Auf der Grundlage der erzielten Erkenntnisse können numerische Modelle validiert und Parametrisierungen für einzelne komplizierte, rechenzeitaufwendige Faktoren entwickelt werden.

Im Windkanallabor des Meteorologischen Instituts der Universität Hamburg werden Grenzschichten im mikroskaligen Maßstabbereich (1:200 - 1:500) mit Hilfe von verschiedenen Turbulenzgeneratoren speziell an jeweilige Problemstellungen angepasst. Im Rahmen einer Diplomarbeit wurde für eine Modellgrenzschicht ein direkter Vergleich der erzeugten Turbulenzstrukturen mit solchen, die aus einer entsprechenden Naturmessung abgeleitet werden können, durchgeführt. Auf dieser Grundlage kann der Modellmaßstab festgelegt werden, in dem die Turbulenzmerkmale einer städtischen Grenzschicht optimal wiedergegeben werden, und sich im Modellversuch eine naturgetreue Nachbildung der städtischen Strömungsmuster ergibt.

DAS KRISENMODELLPAKET TAMOS DER ZAMG FÜR NUKLEARE STÖRFÄLLE: TEIL 2 – ERGEBNISSE MIT ECMWF UND ALADIN PROGNOSEN

U. Pechinger, M. Langer, E. Polreich, E. Petz, Österreich

Bei einem Störfall in einem Kernkraftwerk innerhalb Europas hat die Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) gemäß Alarmplan die Aufgabe, das staatliche Krisenmanagement zu beraten, ob, wann und wo freigesetztes radioaktives Material nach Österreich transportiert wird und wie hoch die Belastungen voraussichtlich sein werden. Für diese Beratung im Anlassfall wurde das Krisenmodellpaket TAMOS an der ZAMG entwickelt und installiert. Als meteorologische Eingangsdaten für die großräumigen Trajektorien- und Ausbreitungsberechnungen werden die Analyse- und Prognosefelder des Europäischen Zentrums für mittelfristige Wettervorhersage (ECMWF) in Reading/England verwendet. Wahlweise, falls sich der Störfall in der Nähe der österreichischen Grenze ereignet, werden auch die Prognosefelder des Mesoskalenmodells ALADIN des französischen Wetterdienstes herangezogen. Zusätzlich werden zur Analyse der Verlagerung der radioaktiven Wolken in Österreich diagnostische Windfelder und Trajektorien berechnet. Diese Berechnungen erfolgen ausgehend von den in Echt-Zeit einlangenden Windmessdaten wie z.B. den hochauflösenden Daten des teilautomatischen Wettererfassungssystems TAWES der ZAMG. Die Ergebnisse der Ausbreitungsrechnung für die unterschiedlichen meteorologischen Eingabedaten werden miteinander verglichen.

KLIMAANALYSE EINER MITTELEuropÄISCHEN GROßSTADT IN TALKESSELLAGE (AACHEN)

Gerhard Peschel, Deutschland

Für die Kur- und Badestadt Aachen mit ihrer klimatologisch und daher auch lufthygienisch nachteiligen Lage im Talkessel wurde seitens der städtischen Umweltverwaltung die Notwendigkeit einer detaillierten Stadtklimauntersuchung als Grundlage einer stadtoökologisch bzw. stadtklimatisch optimierten Planung seit 1990 betont. Erfahrungen vor allem aus anderen Großstädten zeigen, dass die Einbeziehung klimatischer und lufthygienischer Belange in Planungsprozesse eine fundierte Untersuchung der einzelnen Stadtklimate notwendig macht.

Zwei wesentliche Aspekte der vorliegenden Aachener Stadtklimaanalyse sind hervorzuheben:

1. Die Untersuchung liefert nicht nur für die Ebene der Flächennutzungsplanung (Scale: M ~ 1: 20 000), sondern auch für einige städtische Teilgebiete auf der Bebauungsplanebene (Scale: M ~ 2500) relevante Hinweise in Form von
 - Qualitätszielen,
 - Vorschlägen für groß- und kleinräumige Maßnahmen und
 - praxisorientierten Planungshilfen.
2. Die Umsetzung neuerer stadtklimatologischer Untersuchungs- und Auswertemethoden wie z.B.:
 - intensives meteorologisches Messprogramm (bodengestützte Untersuchungen) mit ausgedehntem Feststationsnetz, zeitgleiche Messfahrten mit zwei baugleichen
 - Fahrzeugen, Vertikalsondierungen mit Fesselballonen sowohl in der Grenzschicht als auch in der Canopy-Layer, Rauchpatronenversuche, lufthygienische Messungen mittels Luftmesswagen;
 - detaillierte Untersuchung der Inversionsverhältnisse über der Stadt Aachen zum Zweck der Bewertung der Durchlüftungs- und lufthygienischen Verhältnisse,
 - Erhebung von Fernerkundungsdaten (flugzeuggestützte Untersuchungen) wie Thermalscanner- **und** Radarbefliegung (3-D-Stadtklimaprojekt des Bundesministeriums für Bildung und Forschung,
 - Erzeugung eines hochauflösenden digitalen Geländemodells (Reliefdarstellung) aus den Fernerkundungsdaten und Entwicklung einer resultierenden Landnutzungskarte ebenfalls in hochauflösender Form,
 - Entwicklung einer Modellanwendung zur Ausweisung planungsrelevanter Kaltluftbildungs- und Kaltluftabflussflächen (GIS-Auswertung),
 - Erarbeitung einer großmaßstäbigen Klimafunktionskarte und Karte der Planungshinweise.

Die anwendungsbezogene Stadtklimaanalyse Aachen wurde unter Federführung des Geographischen Instituts der RWTH Aachen unter maßgeblicher Mitwirkung des Büros Steinicke & Streifeneder, Umweltuntersuchungen, Freiburg sowie dem Büro für Umweltmeteorologie, Paderborn erstellt.

BERECHNUNG VON IMMISSIONSWERTEN INNERHALB EINES BEIDSEITIG BEBAUTEN STRAßENQUERSCHNITTS

Gabriele Rau, Österreich

Die ZAMG (Abteilung Umweltmeteorologie) beteiligte sich in den Jahren 1999 und 2000 mit dem Ausbreitungsmodell MISKAM am Projekt "Vergleich von Modellanwendungen zur Berechnung von Immissionswerten innerhalb eines beidseitig bebauten Straßenquerschnitts" (BWPLUS). Das Ziel dieser Studie war, die mögliche Bandbreite der Ergebnisse von Immissionsberechnungen bei Vorgabe gleicher Eingangsdaten, aber Berechnung durch verschiedene Anwender (mit unterschiedlichen Methoden) aufzuzeigen.

Im Sinne einer praxisnahen Anwendung wurde dieser Vergleich für eine bestehende Straße (Podbielski-Straße in Hannover) durchgeführt. Alle Ergebnisdateien wurden direkt bei BWPLUS eingereicht, dort anonymisiert und an die Auswertestelle weitergereicht. Der Vergleich wurde auf deutschsprachiger Ebene (11 Institutionen mit 14 Methoden) und internationaler Ebene (9 Teilnehmer mit 8 Modellen) durchgeführt. Die Berechnungen wurden in einer ersten Phase mit älteren Eingangsdaten durchgeführt, in einer zweiten Phase wurden die Ergebnisse anhand aktueller Eingangsdaten überarbeitet.

Die statistischen Jahreskennwerte (Jahresmittelwerte und 98-Perzentilwerte) trafen (für den deutschsprachigen Vergleich) die Messwerte in einem vorgegebenen Vertrauensband gut. Bezogen auf einzelne Windrichtungen traten teils sehr große Unterschiede zwischen den Ergebnissen der einzelnen Teilnehmer auf. Im Rahmen zweier Workshops gab es für manche der Unterschiede Erklärungsansätze.

Die Resultate der beiden Projektphasen zeigen, dass auf die Qualität der Eingangsdaten (insbesondere Verkehrsdaten) größter Wert zu legen ist. Von großer Bedeutung (unabhängig von der verwendeten Methodik) ist auch die Vorgabe und Auflösung des Rechengebietes.

Die vorliegende Studie befasst sich überwiegend mit dem Betrag der ZAMG an der Studie. Untersucht werden die Sensitivität der für die Studie durchgeführten MISKAM-Berechnungen hinsichtlich der Modellparameter.

EVALUIERUNG ATMOSPHÄRISCHER MODELLE FÜR DIE BERECHNUNG VON STRÖMUNGSFELDERN

Heinke Schlünzen, Heiko Pankus, Deutschland

Für die Simulation von Ausbreitungsvorgängen und chemischen Umsetzungen in der Atmosphäre werden die Strömungsfelder sowie die Diffusionskoeffizienten benötigt. Für die Berechnung dieser Größen werden zunehmend komplexe, 3-dimensionale prognostische numerische Modelle eingesetzt, um insbesondere über orographisch gegliedertem Gelände oder in der Nähe von Hindernissen realitätsnahe Ergebnisse zu erhalten. Vor allem beim Einsatz derartiger Modelle für Gutachten verbleibt die Frage nach der Güte der verwendeten Modelle und ihrer Ergebnisse.

Durch die Vielzahl möglicher Lösungen ist eine allgemeingültige Gütebewertung numerischer Modelle nicht möglich. Lediglich für Einzelfälle kann geprüft werden, ob die Modellergebnisse mit Messungen im Rahmen erlaubter Abweichungen übereinstimmen. Um aus der Güte der Modellergebnisse für den Einzelfall auf die Güte eines Modells schließen zu können, müssen neben Einzelfallprüfungen weitere Qualitätsprüfungen erfolgen. Hierzu sind in den letzten Jahren verschiedene Konzepte entwickelt worden (1), (2), (3), die sich vor allem auf berechnete Strömungsfelder beziehen. Die Evaluierungskonzepte bestehen aus drei Teilen:

- einer Bewertung der wissenschaftlichen Grundlagen eines Modells,
- einer Bewertung der allgemeinen Eigenschaften eines Modells und
- einer Bewertung von Modellergebnisse im Vergleich zu Messungen oder bekannten (analytischen) Lösungen.

Die Evaluierungskonzepte sind inzwischen so weit gediehen, dass auf ihrer Basis VDI-Richtlinien entwickelt werden, um die Qualität der für Gutachten genutzten Strömungsmodelle sicherzustellen.

Die vorhandenen Evaluierungskonzepte für mesoskalige prognostische Modelle sowie für hindernisauflösende mikroskalige prognostische Modelle werden vorgestellt. Dabei wird auf die Notwendigkeit unterschiedlicher Vorgehensweisen bei der Validierung von Modellen unterschiedlicher Skalen eingegangen. Die Eignung von Vergleichsdaten wird ebenso diskutiert wie die zur Bewertung der Modellergebnisse geeigneten statistischen Methoden. Ergebnisse von Anwendungen der Evaluierungskonzepte werden für das mesoskalige Modell METRAS (4) und das mikroskalige Modell MITRAS (5) vorgestellt.

(1) Pankus, H.: Konzept zur Evaluation hindernisauflösender mikroskaliger Modelle und seine Anwendung auf das Modell MITRAS. Dissertationsschrift, Fortschrittberichte VDI, Reihe 7, Nr. 389, 2000.

(2) Model Evaluation: Guidelines for Model Developers. European Communities Directorate-General XII, Science Research and Development, Version 5, pp 9, 1994

(3) Schlünzen K.H.: On the validation of high-resolution atmospheric mesoscale models. J. Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 67&68, 479 - 492, 1997.

(4) Schlünzen K.H. (1990): Numerical studies on the inland penetration of sea breeze fronts at a coastline with tidally flooded mudflats. Beitr. Phys. Atmosph., 63, 243 - 256.

(5) Schlünzen K.H., Hinneburg D., Knoth O., Lambrecht M., Leitl B., Lopez S., Lüpkes C., Pankus H., Renner E., Schatzmann M., Schoenemeyer T., Trepte S. und Wolke R. (2000): Flow and transport in the obstacle layer - First results of the microscale model MITRAS. J. Atmos. Chem., submitted, pp 18.

BACKWARD LAGRANGIAN PARTICLE MODELLING AND SOURCE-RECEPTOR MATRICES AS A TOOL IN ENVIRONMENTAL METEOROLOGY

Petra Seibert, Andreas Frank, Österreich

Any dispersion model (and even any trajectory model) effectively calculates source-receptor relationships. Usually these models read in specified source terms, and produce fields of concentration as output. The information which part of the source contributes to a specific receptor element is not available in this approach. In inverse modelling, it becomes necessary to consider this information because the inversion consists of finding the value of each source element which leads to the minimum of a cost function measuring the misfit between model output and observations. However, inverse modelling is not the only application of explicit calculation of source-receptor matrices. It could also be used to describe the relative importance of specific subsets of the source (e.g., emissions of certain region or during a certain time) for the impact at a certain receptor site. For linear source-receptor relationships, once the SRM has been calculated different emission scenarios can be used to produce receptor concentrations by a simple matrix-vector multiplication.

This paper presents some examples of applications, namely inverse modelling of the ETEX-1 tracer release, and work on the global scale connected to the verification of the Comprehensive Nuclear Test Ban Treaty CTBT. The Lagrangian particle model FLEXPART is used for simulations in backward mode, and it is explained how this works and when this is an efficient approach. The inversion worked well for the ETEX case of a point source of limited duration. Future applications could include the inversion of spatially distributed emissions, and climatological studies about the 'footprint' of background monitoring stations (the areas which contribute to the concentrations measured at the station).

EINFLUSS DER RAUHIGKEITSPARAMETRISIERUNG AUF DIE WINDENERGIEPOTENTIALBESTIMMUNG

B. Wichura, U. Behrens, M. Göckede, Th. Foken, Deutschland

Von der Parametrisierung der Unterlagenrauhigkeit in der Umgebung eines Standortes ist, neben der Parametrisierung der Oberflächenbeschaffenheit und der Hindernisse, die Güte von Windenergiepotentialberechnungen abhängig (Troen und Petersen, 1989). Wesentlich für die Bestimmung des Windenergiepotentials in verschiedenen Höhen über der Unterlage ist die Kenntnis des Einflussbereiches der Unterlage auf die Strömungsverhältnisse in der jeweiligen Höhe. Diese Quellfläche im Luv eines Standortes kann mit Hilfe von „footprint“-Modellen bestimmt werden (z.B. Schmid, 1997). Sie ist abhängig von der Höhe (Mess- bzw. Nabenhöhe der Anlage), der Stabilität der atmosphärischen Schichtung, der Unterlagenrauhigkeit und der Standardabweichung der lateralen Windkomponente. Ein solches „footprint“-Modell kann genutzt werden, um die Lage und Größe der Quellflächen für einen spezifischen Standort und unterschiedliche Nabenhöhen einer potentiellen Windkraftanlage in Abhängigkeit von der Schichtung und Rauhhigkeit (iterativ) so zu bestimmen, dass alle Rauhhigkeitselemente, die Einfluss auf die Windklimatologie in der betrachteten Höhe haben, erfasst werden (Göckede, 2000). Damit können die Parametrisierung der Unterlagenrauhigkeit und die Bestimmung des Windenergiepotentials für den betrachteten Standort optimiert werden. Im Beitrag wird der beschriebene Ansatz genutzt, um die Ergebnisse der (konventionellen) Windenergiepotentialberechnung des „Wind Atlas Analysis and Application Program“ (WA s P; Troen und Petersen, 1989) mit denen der modifizierten Bestimmung der Rauhhigkeit für den Standort Lindenberg zu vergleichen.

Göckede, M., 2000. Das Windprofil in den untersten 100 m der Atmosphäre unter besonderer Berücksichtigung der Stabilität der Schichtung. Diplomarbeit, Universität Bayreuth, Abt. Mikrometeorologie, 131 S.

Schmid, H.P., 1997. Experimental design for flux measurements: matching scales of observations and fluxes. *Agricultural and Forest Meteorology*, 87: 179 - 200.

Troen, I. und Petersen, E.L., 1989. European Wind Atlas. Published for the Commission of the European Communities, Directorate General for Science, Research and Development (Brussels, Belgium) by Risø National Laboratory, Roskilde, Denmark, 656 S.

METHODE ZUR ABSCHÄTZUNG DER NO₂-EXPOSITION VON KINDERN

Dirk Wintermeyer, Deutschland

Im Auftrag des Forschungszentrums Karlsruhe entwickelte das Umweltbundesamt in den Jahren 1998 - 2000 ein Simulationsmodell zur Abschätzung der NO₂-Exposition von Kindern in Abhängigkeit von ihrer individuellen Wohnsituation (Innenraumluff) und der Belastung der Außenluft im Wohnumfeld u.a. durch verkehrsbedingte NO₂-Immissionen. Das Modell besteht aus je einem Modul für die Außenluft, die Innenraumluff und für die Exposition. Es liefert insbesondere für die Außenluft gut mit gemessenen Konzentrationen übereinstimmende Werte (betrachtet wurde die mittlere jährliche NO₂-Konzentration). Die Modellansätze für den Bereich Außenluft und für die Innenraumluff benötigen nur einen begrenzten Eingabedatensatz und sind für den Einsatz in epidemiologischen Fragestellungen geeignet.

Die Arbeiten zeigen, dass für Kinder die Höhe der Exposition ganz wesentlich durch die NO₂-Konzentration in der Außenluft bestimmt wird. Für die Höhe der NO₂-Konzentration an den Wohnungen ist hauptsächlich deren Lage innerhalb des Stadtgebietes verantwortlich. Erst in zweiter Linie wird sie bestimmt durch den Verkehr im unmittelbaren Umfeld der Wohnung. Ferner konnte gezeigt werden, dass die Außenluft im Jahresmittel selbst bei Gegenwart von NO₂-Quellen im Innenraum (z.B. Gasherd) den wichtigsten Einflussfaktor für die Innenraumbelastung durch NO₂ darstellt.

In epidemiologischen Studien stellen Fragebögen eine wichtige Datenquelle dar. Angesichts der in diesem Projekt vorhandenen Datenbasis (u.a. Angaben aus Fragebögen der ISAAC-Studie) konnten stärker differenzierende Aussagen über den Einfluss unterschiedlicher individueller Verhaltensmuster auf die NO₂-Exposition nicht getroffen werden. Eine wesentliche Schlussfolgerung aus diesem Projekt ist daher die Forderung, derartige Fragebögen von vornherein so zu konzipieren, dass aus den dort erhobenen Daten möglichst direkt geeignete Modelleingabedatensätze abgeleitet werden können.

Literatur:

Hehl, O., Wintermeyer, D., 2000: Ermittlung der NO₂-Exposition von Kindern mit Hilfe statistischer Modelle unter Berücksichtigung der Verkehrs- und Wohnsituation. Abschlussbericht im Auftrag des Forschungszentrums Karlsruhe. Umweltbundesamt, Berlin.

AUSBREITUNG EINES INERTEN SPURENSTOFFS SIMULIERT MITTELS DES REGIONALMODELLS MCCM

Andreas Pfeiffer, Deutschland

Die Hintergrundbelastung der Luft mit chemischen Spurenstoffen soll im 'Global Atmosphere Watch' - Programm mit einem Netz von Global- und Regionalstationen überwacht werden. Jedoch ist selbst für Hochgebirgsstationen, gerade in dicht besiedelten und industrialisierten Gebieten, nicht von vornherein eine lokale Beeinflussung der Messreihen auszuschließen.

Um die Belastung der Luft durch einzelne Schadstoffquellen besser beurteilen zu können, wurden mit dem regionalen Chemie- und Transportmodell MCCM ('Multiscale Climate and Chemistry Model'), das in seinem meteorologischen Teil auf dem mesoskaligen, nichthydrostatischen Modell MM5 beruht, idealisierte Simulationen eines passiven Spurenstoffs durchgeführt.

Die grossskalige Advektion eines Spurenstoffes wird im MCCM durch ein dreidimensionales Advektionsschema behandelt, während die für den Transport ebenfalls relevanten subskaligen Prozesse, wie Turbulenz und Konvektion durch entsprechende Parametrisierungen erfasst werden.

Das Simulationsgebiet umfasst den gesamten Alpenraum mit einer horizontalen Maschenweite von 15km; in der Vertikalen wird die Atmosphäre bis in eine Höhe von 100 mBar in 27 Schichten eingeteilt, wobei auf eine besonders hohe Auflösung der turbulenten Grenzschicht in den untersten 1000 Metern geachtet wurde.

Es wurden vier Regionen als konstant emittierende, voneinander unabhängige Schadstoffquellen in die Simulationen implementiert (Stuttgart, München, Leipzig und Mailand) und die entsprechende Ausbreitung für verschiedene Wetterlagen über eine Dauer von zwei Tagen berechnet. Jeder Quelle wurde hierbei ein eigener Tracer zugeordnet.

Es zeigt sich, dass der bodennahe Transport oftmals nur einen geringen Anteil an der weiträumigen Verfrachtung des jeweiligen Spurenstoffs hat. Vielmehr sorgt das Zusammenspiel von turbulenter Durchmischung der bodennahen Emission hinauf in höhere Schichten mit der vertikalen Windscherung für teilweise recht komplexe dreidimensionale Ausbreitungsmuster.

TRANSPORT VON WALDBRANDEMISSIONEN VON KANADA NACH EUROPA

C. Forster et al., Deutschland

Im August 1998 gab es schwere Waldbrände in vielen Teilen Kanadas, vor allem in den Northwest Territories. Etwa 1000 Brandherde vernichteten in der Woche vom 5. bis 11. August mehr als eine Million Hektar Wald. Das sind die grössten Waldbrandschäden, die in den neunziger Jahren innerhalb von einer Woche entstanden. In der vorliegenden Studie wird zum ersten Mal bewiesen, dass diese Waldbrände ausgeprägte, grossskalige Dunstschleier über Europa verursachten und die Konzentrationen von Kohlenmonoxid und anderen Spurengasen an der Bodenstation Mace Head in Irland über eine Periode von mehreren Wochen erheblich beeinflussten. Spurengase und Aerosole wurden demnach über eine Distanz von mehreren tausend Kilometern transportiert. Ein Beispiel eines solchen Ereignisses, bei dem im August 1998 eine ausgeprägte Aerosolschicht in etwa 3-6 km Höhe über Deutschland beobachtet wurde, wird hier im Detail untersucht. Rückwärtstrajektorien, die an der gemessenen Aerosolschicht enden, zeigen, dass die Aerosole tatsächlich aus der Waldbrandregion in Kanada stammten. Weitere Simulationen mit einem Partikelausbreitungsmodell demonstrieren, wie grosse Mengen an Waldbrandemissionen über den Atlantik transportiert wurden. Die daraus resultierende Aerosolschicht über Europa wird dabei gut durch das Modell repräsentiert. Ausserdem zeigen die Modellergebnisse, dass weite Teile Europas während der zweiten Augusthälfte 1998 durch Waldbrandemissionen verschmutzt wurden. Bodenmessungen in Mace Head werden mit den Modellresultaten für einen anthropogenen und einen Waldbrand-Kohlenmonoxid-Tracer verglichen. Während ein wesentlicher Teil des Aerosols während des Transports ausgewaschen wurde, erreichten grosse Mengen an Kohlenmonoxid, das aus Waldbränden stammte, den europäischen Kontinent. Schätzungen für Mace Head zeigen, dass im August 1998 58% der Kohlenmonoxidzunahme über die Hintergrundkonzentration durch Waldbrandemissionen verursacht wurden, während 32% und 10% der Kohlenmonoxidzunahme über die Hintergrundkonzentration auf europäische bzw. nordamerikanische anthropogene Emissionen zurückzuführen sind.

UNTERSUCHUNGEN DER ATMOSPHAERISCHEN CO₂-KONZENTRATION MIT DEM REGIONALMODELL REMO

Ute Karstens, Deutschland

Die Konzentration von CO₂ in der Atmosphäre wird sowohl durch natürliche als auch anthropogene Emissionen beeinflusst. Bei einem langlebigen Tracer wie CO₂ hängt die Konzentration an einem Ort dabei sehr stark auch von weit entfernt liegenden Quellen bzw. Senken ab. Der Zusammenhang zwischen Variationen in der Konzentration an einem Ort und den Quellen und Senken an der Erdoberfläche wird durch den atmosphärischen Transport hergestellt.

In dieser Studie wird das regionale Atmosphärenmodell REMO zur Simulation des Transportes von CO₂ verwendet. Das Modellgebiet umfasst Europa und den westlichen Teil Sibiriens mit einer horizontalen Auflösung von etwa 50 km. Um auch den Einfluss von außerhalb des Modellgebietes gelegenen Quellen und Senken berücksichtigen und untersuchen zu können, werden am Rand die mit dem globalen Transportmodell TM3 simulierten Konzentrationen vorgegeben. Die Verteilung und Stärke der verschiedenen Quellen für CO₂ an der Erdoberfläche werden bei diesen Simulationen vorgeschrieben. So wird der CO₂-Austausch mit der terrestrischen Biosphäre aus Simulationen eines auf Satellitendaten basierenden diagnostischen Modells übernommen. Ebenfalls vorgegeben werden die Emissionen aus Verbrennung fossiler Brennstoffe und der CO₂-Austausch mit dem Ozean. Im Modell wird dann der Transport für jeden Quellentyp einzeln simuliert, ebenso wie der Einfluss der Anfangs- und Randdaten.

Damit lässt sich der jeweilige Anteil der unterschiedlichen Komponenten an den räumlichen und zeitlichen Variationen der CO₂-Konzentration an Stationen in verschiedenen Teilen des Gebietes untersuchen. Es zeigt sich, dass die zeitlichen Fluktuationen überall durch die Biosphäre dominiert werden. In der räumlichen Verteilung wird aber auch der starke Anteil des aus der Verbrennung stammenden CO₂ deutlich. Auch weit ab der Industrieregionen ist deren Einfluss noch an den erhöhten CO₂-Konzentration zu erkennen.

Leider gibt es für die Überprüfung der Modellergebnisse nur wenig Beobachtungsdaten. In dieser Studie werden zum Vergleich die im Rahmen des EU-Projektes EUROSIBERIAN CARBONFLUX an 3 Stationen in Russland durchgeführten Messungen verwendet.

**ANALYSE LUFTCHEMISCHER MESSUNGEN IM HOCHGEBIRGE: ERGEBNISSE FÜR
JUNGFRAUJOCH UND HOHER SONNBLICK. EIN BEITRAG DER KOOPERATION ZWISCHEN
DEUTSCHLAND, ÖSTERREICH UND DER SCHWEIZ ZUM GLOBAL ATMOSPHERE WATCH
PROGRAMME DER WMO**

A. Kaiser, R. Nemeth, H. Scheifinger, Österreich, J. Forrer, P. Hofer, A. Weiss, Schweiz

Global Atmosphere Watch ist ein Programm der WMO zur langfristigen Überwachung der chemischen Zusammensetzung der Atmosphäre an „Hintergrundstationen“, fern ab von lokalen oder regionalen Schadstoffquellen. In Zusammenarbeit von Deutschland, Österreich und der Schweiz (DACH-Kooperation) werden die luftchemischen Messreihen der Hochgebirgsstationen Zugspitze/Hohenpeißenberg, Hoher Sonnblick und Jungfraujoch meteorologisch analysiert. Das GAW Projekt, die DACH-GAW-Kooperation und die Ergebnisse für Zugspitze/Hohenpeißenberg werden von W. Fricke vorgestellt. Die genannten Hochgebirgsstationen eignen sich vorzüglich zum Studium und zur Überwachung der „Hintergrundbelastung“ der Atmosphäre über Europa. Dennoch können auch hier Transporte aus der belasteten Grundschicht zu Episoden mit markant veränderten luftchemischen Eigenschaften führen. Es ist bei der Analyse von Hintergrundmessungen daher allgemein üblich, solche Situationen vom restlichen Datensatz zu trennen. In dieser Arbeit werden einige Ansätze einer solchen Datenfilterung, wie sie für Sonnblick und Jungfraujoch unter Verwendung von Trajektorien, Wetterlagenklassifikationen oder dem Verhalten der Messwerte selbst entwickelt wurden, vorgestellt und die Ergebnisse werden diskutiert. Die gefilterten Messreihen sollen im weiteren als Grundlage für die Ermittlung von Schadstofftrends verwendet werden (siehe dazu den Beitrag von H. Scheifinger).

ALPINES PUMPEN – DURCH ALPEN VERSTÄRKTER VERTIKALAUSTAUSCH

Matthias Lugauer, Peter Winkler, Deutschland

Bei windschwachen, flachen Druckverteilungen im Sommer bildet sich in den Alpen ein „Hitzetief“, das eine thermische Zirkulation antreibt. Dadurch strömt im Verlauf des Vormittags Luft aus der Grenzschicht des Vorlandes in die Alpen, steigt durch Konvektion über den Alpen auf und wird in höheren Luftschichten durch die Kompensationsströmung und den synoptischen Höhenwind verfrachtet. Durch thermischen Antrieb wird Grenzschichtluft in die freie Troposphäre gepumpt. Der Prozess wird im weiteren als „Alpines Pumpen“ (AP) bezeichnet.

Die verstärkte Konvektion im Gebirge führt zu deutlich erhöhten Spurenstoffkonzentrationen im Hochgebirge, wie anhand von Aerosol- und Radonmessungen gezeigt wurde (*Lugauer et al.*, 2000). Während einer stabilen Hochdrucklage mit NW-Wind in 500 hPa entwickelt sich die konvektive Grenzschicht in den Alpen bis auf 4 km Höhe (*Nyeki et al.*, 2000). Die Höhenströmung kann diese Luftmasse in die freie Troposphäre außerhalb der Alpen verfrachten und dadurch die chemische Zusammensetzung der freien Troposphäre beeinflussen. Die an das Gebirge gebundene Konvektion initialisiert bei feuchtlabil geschichteter Atmosphäre die wesentlich stärkere feuchte Konvektion in Gewittersystemen. Das belegt das Maximum der Gewitterhäufigkeit über den Alpen (*Finke und Hauf*, 1996). Der vertikale Luftmassenaustausch reicht dabei bis in Tropopausenhöhe.

Anhand von charakteristischen Fallstudien werden die synoptischen Bedingungen für AP vorgestellt. Es wurde das Windfeld am Alpenrand mithilfe von Stationsmessungen und Dopplerradar-daten vom Hohenpeissenberg analysiert. Die Ansaugwirkung der Alpen ist im alpennahen Vorland bis etwa 2000 m Höhe erkennbar. Darüber überlagert sich der synoptische Höhenwind mit einer von den Alpen zum Vorland gerichteten Komponente, durch die der bodennahe Zustrom kompensiert wird.

Nicht nur das Windfeld sondern auch die Spurenstoffkonzentrationen am Alpenrand werden durch den steuernden Höhenwind beeinflusst. Das belegen die Radonkonzentrationen an den Stationen Hohenpeissenberg (986 m) und Zugspitze (2962 m). Radon ist ein guter Tracer für Vertikaltransport aus der konvektiven Grenzschicht. Die höchsten Konzentrationen am nördlichen Alpenrand treten bei Hochdrucklagen mit S-SW Wind in 500 hPa auf, da dann die konvektive Grenzschicht aus den Alpen nach Norden verfrachtet wird. Unter diesen Bedingungen bilden sich bevorzugt Gewitter am nördlichen Alpenrand (*Finke und Hauf*, 1996).

Die dargestellten Fallstudien stehen im Zusammenhang des Verbundvorhabens VERTIKATOR, in dem die Größenordnung der bei AP beteiligten Massenflüsse und Spurenstofftransporte genauer abgeschätzt werden sollen.

Finke, U. und T. Hauf, The characteristics of lightning occurrence in southern Germany. *Beitr. Phys. Atmos.*, 69, 361-374, 1996.

Lugauer, M., U. Baltensperger, M. Furger, H. W. Gäggeler, D. T. Jost, S. Nyeki and M. Schwikowski, Influences of vertical transport and scavenging on aerosol particle surface area and radon decay product concentrations at the Jungfrauoch (3454 m above sea level), *J. Geophys. Res.*, 105, 19,869-19,879, 2000.

Nyeki, S. M. Kalberer, I. Colbeck, S. de Wecker, M. Furger, H. W. Gäggeler, M. Kossmann, M. Lugauer, D. Steyn, E. Weingartner, M. Wirth and U. Baltensperger, Convective boundary layer evolution to 4km asl over high-alpine terrain: airborne Lidar observations in the Alps, *Geophys. Res. Lett.*, 27,689-692, 2000.

KONTINUIERLICHE 4D QUELLZUORDNUNG FÜR DIE BODENMEßSTATIONEN DER BERLIOZ KAMPAGNE MIT HILFE DES NEUARTIGEN EULER-LAGRANGE MODELLS LAMM5

Andreas Becker, Eberhard Schaller, Deutschland

Im Sommer 1998 fand im Raum Berlin/Brandenburg das sog. Berliner Ozonexperiment (BERLIOZ) statt. Die Hauptziele dieses Experimentes waren 1. die Untersuchung der Bildung von Ozon und Photooxidantien in der Abluffahne von Berlin und 2. die Bestimmung der Lebenszeiten von flüchtigen organischen Kohlenstoffverbindungen (sog. VOC's) im Bezug auf ihren Abbau durch OH, NO₃ und Ozon. Insbesondere zur Erreichung des zweiten Zieles sind 13 Bodenmeßstationen im Untersuchungsgebiet (Berlin und dessen Umgebung im Radius von 100 km) betrieben worden. Dabei ist festzustellen, das die Nutzbarkeit der an diesen Stationen erhobenen Konzentrationszeitreihen zur Interpretation der Chemie der Berliner Abluffahne („City-Plume“) stark von der räumlichen und zeitlichen (4D) Repräsentativität dieser Stationen abhängt. Die Repräsentativität einer Bodenstation ergibt sich aus der Frage: Woher stammt die Luft in der gemessen wurde? Genauer: Was ist das 4D Einzugsgebiet des Rezeptorvolumens der Bodenstation in der betrachteten Meßperiode? Nun wurden die 13 BERLIOZ Bodenstationen räumlich entlang einer von SO nach NW über das Zentrum von Berlin verlaufenden Achse angeordnet. Dies präjudiziert jedoch deren zunächst unbekannte Repräsentativität, indem von einer horizontal homogenen und stationären Strömung von SO nach NW ausgegangen wird. Des weiteren werden 2 weitere Annahmen impliziert: 1. Das Einzugsgebiet einer jeden Bodenstation möge zumindest bis zur nächsten stromaufwärts gelegenen Station reichen. 2. Die Zeitskala des Transfers von Station zu Station muß kürzer als die Periode einer Intensivmeßphase sein! Werden diese Annahmen nicht erfüllt so bedeutet dies zweierlei:

- Kein Transfer zwischen den Stationen innerhalb einer Meßphase!
- An 2 Stationen werden grundsätzlich unterschiedliche Luftmassen vermessen!

Aus diesen Überlegungen ergibt sich vor jeder Auswertung der erhobenen Konzentrationszeitreihen die Aufgabe, eine Abschätzung der Importsituation (Immission) in einer definierten Zielregion (hier die Bodenstationen der BERLIOZ Kampagne) zu errechnen. Dies erfordert allgemein die Information über Herkunft und Menge der Emissionen, welche die Zielregion erreichen, also die Identifikation des relevanten Emissionsgebietes spezifisch für die betrachtete Zielregion und Episode. Zu diesem Zwecke ist von den Autoren am LS Umweltmeteorologie der BTU Cottbus ein gekoppeltes Euler-Lagrange-Modell (LaMM5) entwickelt worden, welches bei Verwendung geeigneter Szenarios von Pseudo-Emissionen die erwünschte 4D-Quellzuordnung für die BERLIOZ Bodenstationen, hier exemplarisch für den 20. Juli 1998 (1. BERLIOZ Intensivmeßtag), bestimmen kann. Basierend auf den mit LaMM5 erstellten Modellergebnissen werden im Laufe der Präsentation folgenden konkreten Fragestellungen beantwortet:

- Welche leewärts gelegenen Bodenstationen werden von der „Berlin-Plume“ erreicht?
- Welche Stationen konnten Luftmassen/Emissionen von stromaufwärts gelegenen Stationen empfangen?
- Konnten Luftmassen/Emissionen aus Stationen im Luv (SO) von Berlin innerhalb von 12 bzw. 24 Stunden Stationen im Lee (NW) erreichen?
- Wie groß ist die räumliche Ausdehnung des Einzugsgebietes von Berlin und der leewärtigen Meßstationen?
- Wie groß ist der prozentuale Anteil des „Berlin-Plume“ am Gesamtimport der leewärtigen BERLIOZ –Bodenstationen?
- Wie lange dauerten die Transfers Meßstation -> Meßstation, Berlin -> Meßstation im Mittel über die betrachtete Episode?

Mit Ausblick auf sein aktuelles Anwendungsgebiet (Quellzuordnung für die im Flugzeug erhobene Zeitreihen von Stickoxiden im Rahmen von MOZAIK-III) erweist sich das numerische Verfahren zur 4D Quellzuordnung als sehr flexibel. Insbesondere können unterschiedlichste räumliche und zeitliche Skalen mit LaMM5 abgedeckt werden

ANALYSE ERHÖHTER OZON- UND PAN-KONZENTRATIONEN IN DER NÄCHTLICHEN GRENZSCHICHT ÜBER DEM STADTGEBIET BERLINS

Bernhard Rappenglück, Deutschland

Die Feldmesskampagne BERLIOZ ("BERLIN OZON"), welche im Juli/August 1998 im Raum Berlin-Brandenburg stattfand, setzte sich zum Ziel, photochemische Prozesse in der städtischen Abgasfahne großräumig zu untersuchen. Hierbei wurde ein aufwendiges Messkonzept zur Erfassung einer Vielzahl luftchemischer Komponenten und meteorologischer Größen eingesetzt. Dies beinhaltete sowohl bodengebundene Messungen als auch Flugzeugmessungen. Innerhalb des Berlioz-Meßnetzes bildete der Frohnauer Turm am nordwestlichen Rande des Berliner Stadtgebietes eine außergewöhnliche Plattform. Dieser gestattete kontinuierliche luftchemische und meteorologische Messungen innerhalb der städtischen Grenzschicht in einer Höhe von 324 m ü.G..

Der vorliegende Beitrag beschäftigt sich mit der Analyse eines Ereignisses, welches in den Nachtstunden vom 6. auf den 7. August 1998 auftrat, als ungewöhnlich hohe Ozon- und PAN-Werte auf der Messplattform des Frohnauer Turms beobachtet werden konnten. Die Ozonwerte zählten zu den höchsten, im Falle von PAN handelte es sich sogar um die absolut höchsten Werte, die während der gesamten BERLIOZ-Kampagne an allen Messstationen gemessen wurden. In diesen Nachtstunden überquerten schadstoffbelastete Luftmassen den Berliner Raum. Allerdings war hiervon nur die freie Grenzschicht berührt, die bodennahen Grenzschichten wurden kaum beeinflusst. In Höhe der Messplattform des Frohnauer Turms wurde Warmluft herangeführt (um Mitternacht lag die Temperatur in 324 m ü.G. bei 21°C, in 2 m ü.G. bei 17°C). Gleichzeitig konnte eine vertikale Windscherung beobachtet werden (während in 324 m ü.G. die Windrichtung bei westlichen Richtungen verblieb, erfolgte in den unteren Luftschichten eine Drehung auf Süd). Die Windgeschwindigkeit in den bodennahen Schichten lag zwischen 2-4 m s⁻¹, in 324 m ü.G. konnte jedoch ein deutlicher Anstieg von 4 auf 16 m s⁻¹ beobachtet werden. Interessanterweise zeigten in 324 m ü.G. die PAN-Mischungsverhältnisse einen zum Gang der Windgeschwindigkeit analogen zeitlichen Verlauf. Mit Hilfe des Trajektorienmodells FLEXTRA und des Dispersionsmodells FLEXPART wurde eine Analyse des Ereignisses durchgeführt. Insbesondere wurde dabei untersucht, ob die ungewöhnlich hohen Ozon- und PAN-Werte auf Ferntransport verschmutzter Luftmassen zurückzuführen sind.

TRANSPORT UND CHEMISCHE UMWANDLUNG VON LUFTSCHADSTOFFEN IM NAHBEREICH VON AUTOBAHNEN - NUMERISCHE SIMULATIONEN

D. Bäumer, F. Fiedler, B. Vogel, Deutschland

Durch den Straßenverkehr wird eine Vielzahl von Substanzen in die Atmosphäre eingebracht. Darunter sind Substanzen, die sehr schnell und somit im Nahbereich der Straßen reagieren, aber auch solche, die auf einer kleinen Längen- bzw. Zeitskala als chemisch inert angesehen werden können. Mit Hilfe des Karlsruher Modellsystems KAMM/DRAIS wurden zeitlich und räumlich hoch aufgelöste Konzentrationsfelder von primär emittierten, aber auch sekundären, d.h. in der Anströmung bereits als Reaktionspartner zur Verfügung stehenden, Substanzen berechnet. Das verwendete Schliessungsverfahren für den turbulenten Austausch zeichnet sich einerseits durch eine quellentfernungsabhängige Parametrisierung des Diffusionskoeffizienten aus. Andererseits wird die besonders im Nahbereich bedeutsame von den Fahrzeugen induzierte Turbulenz über additive Zusatzterme im Diffusionskoeffizienten berücksichtigt. Im Lee der Autobahn treten bei senkrechter Anströmung erwartungsgemäß gegenüber dem Luv erhöhte Konzentrationen der emittierten Substanzen auf. Bei den nicht emittierten Substanzen, die herantransportiert werden und dann quellnah für Reaktionen zur Verfügung stehen, gibt es solche mit einer Zunahme ihrer Konzentration beim Überströmen der Quelle und solche mit einem Rückgang. Vergleiche zwischen Simulationen mit und ohne Berücksichtigung der fahrzeuginduzierten Turbulenz zeigen im Leebereich bei den Konzentrationen emittierter Substanzen bedeutende Unterschiede, die bei stabiler Schichtung auf den Faktor 3 anwachsen. Ebenso wirkt sich diese zusätzliche Parametrisierung auf die Fahnenhöhe aus, die sich im Nahbereich um einen Faktor 2 verändert. Infolge der starken Abhängigkeit der Intensität der atmosphärischen Turbulenz von der thermischen Schichtung treten im Tagesgang sehr unterschiedliche Abgasfahnenhöhen im Leebereich auf. Zum Vergleich stehen Konzentrationen von Ozon, Kohlenmonoxid und Stickoxiden zur Verfügung, wie sie bei einem an der Bundesautobahn 656 durchgeführten Experiment zur Überprüfung der Emissionen von Krafftfahrzeugen gemessen wurden. Der Vergleich zeigt die Notwendigkeit der Parametrisierung der von Fahrzeugen induzierten Turbulenz.

UNTERSUCHUNGEN DER BEZIEHUNGEN ZWISCHEN AEROSOLEN UND REAKTIVEN SPURENGASEN AN DER GAW-STATION HOHENPEIßENBERG

Stefan Gilge, Uwe Kaminski, Deutschland

In der gängigen Literatur wird die atmosphärische SO_2 Oxidation zu Schwefelsäure und Sulfat als wichtigste Quelle für die atmosphärischen Aerosolbildung postuliert. In diesem Beitrag wird der Frage nachgegangen, ob auch andere primäre Spurengase, insbesondere die Stickoxide (zum Beispiel über die Oxidation zur Salpetersäure) einen substanziellen Beitrag zur Aerosolbildung leisten können. Dies wird mit Hilfe von Korrelationsanalysen der am Meteorologischen Observatorium gemessenen verschiedenen reaktiven Spurengase (NO , NO_2 , NO_y , SO_2 , O_3 , H_2O_2), Aerosolparameter (Aitkenpartikeln, Gesamtstaub) und den Aerosolinhaltsstoffen Nitrat und Sulfat untersucht. Mit Hilfe einer Klassifizierung nach meteorologischen Messgrößen wie Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Temperatur und Großwetterlagen sowie Trajektorienanalysen wird untersucht, ob sich eine Systematik bei der Aerosolbildung erkennen lässt. Erste Analysen zeigen, dass die Anzahl der Aitkenpartikeln stärker mit der NO_y -Konzentration (einem sekundären Spurenstoff) korreliert ist als mit dem primären Spurenstoff SO_2 . Der ebenfalls primäre Spurenstoff NO zeigt ein ähnliches Verhalten wie SO_2 : Eine hohe Anzahl an Aitkenpartikeln und hohe NO - beziehungsweise SO_2 -Mischungsverhältnisse scheinen sich gegenseitig auszuschließen. Es wird untersucht, inwieweit dieses beobachtete Verhalten durch eine zeitliche Antikorrelation hervorgerufen wird, so dass trotzdem eine eindeutige Abhängigkeit nachgewiesen werden kann.

Es wird der Frage nachgegangen, ob ein sich änderndes Emissionsmuster bei den anthropogenen Emissionen (Rückgang der Schwefeldioxidemissionen; Salpetersäure ist mittlerweile die Hauptkomponente, die für den sauren pH des Regens verantwortlich ist) auch sich ändernde Reaktionsmechanismen bei der Aerosolbildung hervorruft. In diesem Fall müssen die Stickoxidemissionen - eine der Hauptquellen ist der Kraftfahrzeugverkehr und hier insbesondere der Lastverkehr - nicht nur in Hinblick auf das troposphärische Ozonbildungspotenzial, sondern auch in Hinblick auf die Klimarelevanz beobachtet werden.

MESSUNG UND ANALYSE VON TROPOSPHERISCHEM BRO IN DER MARINEN GRENZSCHICHT DER ANTARKTIS

U. Friß, T. Wagner, U. Platt, Deutschland

Die zur plötzlichen Erhöhung der Bromoxid- (BrO) Konzentrationen in der polaren marinen Grenzschicht führenden autokatalytischen Prozesse an Seesalzaerosolen und der Seeisoberfläche sind seit längerem bekannt. Das hierdurch freigesetzte BrO führt zur Zerstörung von Ozon in Bodennähe („troposphärisches Ozonloch“).

Wir präsentieren Ergebnisse von BrO- Messungen mit der Methode der differentiellen optischen Absorptionsspektroskopie (DOAS) auf der deutschen Antarktis- Forschungsstation Neumayer. Im Frühjahr 1999 wurden zahlreiche starke Erhöhungen der schrägen Säulendichte von BrO beobachtet, die auf das Vorhandensein von BrO in der Troposphäre schließen lassen. Diese Beobachtungen werden von satellitengestützten Messungen bestätigt. Diese zeigen riesige Wolken erhöhter BrO- Konzentrationen (mit einer Fläche von ca. 10^6 km²) über der Seeisoberfläche rund um den antarktischen Kontinent. Gleichzeitig zeigt sich eine starke Verringerung der Ozonkonzentration in Bodennähe.

Es wurden jedoch auch Erhöhungen der BrO- Messwerte ohne eine Verringerung der Ozonkonzentrationen am Boden beobachtet. Um Informationen über die Quellregionen und die Höhenverteilung der BrO- haltigen Luftmassen zu erhalten, wurden Rechnungen von Rückwärtstrajektorien in Kombination mit Seeiskarten durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Modellrechnungen sind in sehr guter Übereinstimmung mit den Beobachtungen: Eine Erhöhung der BrO- Messwerte korreliert zeitlich mit der Beobachtung von Luftmassen, die zuvor mit Seeis in Kontakt waren. Die beobachtete Abnahme der Ozonkonzentration in Bodennähe tritt nur dann auf, die dort ankommenden Luftmassen von der Seeisoberfläche zum Messort transportiert wurden. Die durchgeführten Trajektorienanalysen zeigen, dass das Phänomen der Ozonzerstörung durch BrO nicht auf die marine Grenzschicht beschränkt ist. Advektionsprozesse führen häufig dazu, dass BrO- haltige Luftmassen von der Seeisoberfläche in die freie Troposphäre (in Höhen bis zu 4000m) transportiert werden. Dieser Befund deckt sich mit den Daten von Ozonsonden, die in den entsprechenden Höhen eine Abnahme der Ozonkonzentration zeigen.

SCHADSTOFFAUSTAUSCH IN EINER SOMMERLICHEN GRENZSCHICHT MIT CUMULUSBEWÖLKUNG - MESSFLÜGE UND GRENZSCHICHTPROFILMESSUNGEN IM RAUM GRAZ

Kathrin Baumann, Martin Piringer, Österreich, C. Kiemle, Deutschland

Die österreichische Stadt Graz (250 000 Einwohner), welche in einem Becken am Südostrand der Alpen liegt, ist häufig durch Smogsituationen aufgrund stagnierender Luftmassen betroffen. Für die Luftqualität der Stadt ist das Talwindsystem entlang des Flusses Mur, welcher von Nordwesten nach Südosten durch die Stadt fließt, sowie einmündende Seitentäler und ein Gebirgsrücken westlich der Stadt von entscheidender Bedeutung.

Am 20. Juni 1998 wurden - im Rahmen eines zwei-jährigen Feldmessprogramms zur Untersuchung der Schadstoffsituation im Raum Graz - Messflüge mit dem Forschungsflugzeug Falcon (Fokker) der DLR (Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt) durchgeführt. Von der ZAMG wurden gleichzeitig Grenzschichtprofilmessungen mit einem SODAR (Akustikradar) am Gelände des Flughafens Thalerhof im Süden der Stadt und mit einem Fesselballon (mit meteorologischer Sonde und Ozonsonde) im Zentrum der Stadt durchgeführt.

Mit dem Flugzeug wurden diverse meteorologischen Größen sowie Ozon gemessen. An Bord war darüber hinaus ein LIDAR im Einsatz, mit welchem die Aerosolverteilung in den Luftschichten zwischen Erdboden und Flugniveau vermessen wurden. Diese lässt Rückschlüsse auf die vertikale Ausdehnung und räumliche Variabilität der atmosphärischen Grenzschicht zu. Mittels eines Mustererkennungsverfahrens werden aus den Lidardaten Abschätzungen der Mischungshöhe abgeleitet. Diese Ergebnisse werden mit berechneten Mischungshöhen verglichen, welche aus meteorologischen Beobachtungen des Routinemessnetzes parametrisiert werden. Die Mischungshöhe und andere parametrisierte Grenzschichtgrößen, wie die Monin-Obukhov Länge und die Schubspannungs-geschwindigkeit, dienen als Eingangswerte für moderne Ausbreitungsmodelle.

Die größten Unterschiede treten morgens auf. Zu dieser Zeit ist eine dichte Cumulusbewölkung an der Grenzfläche zwischen der morgendlichen Grenzschicht und der Reservoirschicht oberhalb zu sehen, welche bei der Auswertung der Lidardaten als Oberrand der Mischungsschicht interpretiert wird. Die aus den meteorologischen Messungen am Boden abgeleitete Mischungshöhe ist zur selben Zeit deutlich geringer.

Bis Mittag hat sich eine konvektive Grenzschicht mit guter thermischer Durchmischung bis zum Cumulusniveau ausgebildet. Demzufolge stimmen die Modellergebnisse und die Beobachtungen während des nachmittäglichen Fluges sehr gut überein.

FILTERUNG LUFTCHEMISCHER MEßREIHEN IM ALPENRAUM: ERSTE ERGEBNISSE DER GAW-DACH-ZUSAMMENARBEIT

Wolfgang Fricke, Deutschland

Zwischen ZAMG, SMA und DWD besteht seit 1996 eine Zusammenarbeit bezüglich des Global Atmosphere Watch (GAW) Programms der WMO, die als "GAW-DACH-Verbund" bezeichnet wird. Weitere Partner sind die EMPA sowie die Umweltbundesämter in Deutschland und Österreich. Im Rahmen dieser Zusammenarbeit werden die luftchemischen Meßprogramme der beteiligten Länder am Hohen Sonnblick, am Hohenpeißenberg, an der Zugspitze und am Jungfraujoch untereinander abgestimmt. Die Vergleichbarkeit der gemessenen Daten wird durch Kalibrierungen, Qualitätsprüfungen und Audits vor Ort sichergestellt, bevor sie in eine gemeinsame Datenbank aufgenommen werden. Aus den Meßreihen der Standorte soll ein großräumig repräsentativer Datensatz erzeugt und langfristig gepflegt werden, der über den klimatisch-luftchemischen Zustand und dessen Veränderungen in Mitteleuropa Auskunft gibt.

Hierzu ist es erforderlich, Methoden zur objektiven Trennung zwischen lokal beeinflussten und großräumig repräsentativen luftchemischen Daten zu entwickeln. Solche Filter können entweder die wesentlichen Prozesse berücksichtigen, die zu den gemessenen Konzentrationen geführt haben (sog. prozeßorientierte Filter) oder sie leiten die Repräsentanz aus dem zeitlichen Verlauf der Konzentrationen ab (sog. datenorientierte Filter). Es werden Ergebnisse der Filterung mittels eines datenorientierten Filters vorgestellt und diskutiert, bei dem Repräsentanzdistanzen aus der zeitlichen Änderung von lokalen Konzentrationen abgeleitet werden.

Wendet man die Filterung auf Komponenten an, die vorwiegend anthropogen emittiert werden (wie z.B. SO_2 , NO und CO), so zeigt sich erwartungsgemäß, daß der Teil der Daten, dem eine hohe räumliche Repräsentanz zugesprochen wird, deutlich geringere Mittelwerte und Streuungen aufweist als die entsprechende Grundgesamtheit. Auf diese Weise sind Trends in der Hintergrundatmosphäre früher erkennbar. Ferner zeigt sich, daß die Repräsentanzdistanzen von der Windrichtung abhängig sind. Insbesondere die Meßwerte mit geringer Repräsentanz sind je nach der relativen Lage der Emissionsgebiete zur Meßstation unterschiedlichen Windrichtungen zugeordnet. Eine Validierung dieser Filtermethode kann durch Meßwerte der jeweils anderen DACH-Stationen an den Tagen geschehen, wo sie innerhalb der errechneten Repräsentanzdistanz liegen.

UV VORHERSAGE BASIEREND AUF DETERMINISTISCHE OZONVORHERSAGE MIT DEM NEUEN GLOBALEN MODELL DES DWD

Leonhard Gantner, Ingo Jacobsen, Deutschland

Im Deutschen Wetterdienst wird seit mehreren Jahren operationell eine UV-Vorhersage durchgeführt und in den Medien verbreitet. Im Rahmen der COST⁷-Aktion 713 "Vorhersage der UV-Strahlung" wurden Vergleiche zwischen vorhergesagtem und gemessenem UV-Index durchgeführt, wobei der DWD als einziges der teilnehmenden Länder den UV-Index auch für Bedingungen mit Bewölkung vorhersagt. Ein wichtiger Parameter für die UV-Vorhersage ist die Ozonschichtdicke, welche bisher mit einem statistischen Verfahren prognostiziert wurde.

Im Rahmen des EU Projektes STREAMER⁸ wurde jetzt beim DWD ein deterministisches Verfahren zur dreidimensionalen Vorhersage von Ozon entwickelt. Es basiert auf dem neuen globalen Modell des Deutschen Wetterdienstes (GME). Dieses Modell basiert auf einem ikosaedrischen Gitter mit einer horizontalen Auflösung von zur Zeit etwa 60 km. In der Vertikalen werden 31 Schichten benutzt. Das Modell GME wurde um Ozonkonzentration als zusätzliche Prognosevariable erweitert, die dynamisch wie eine Feuchtegröße behandelt wird. Chemische Umsetzungen werden derzeit nicht berücksichtigt. Diese können jedoch wegen der Dominanz der Dynamik auf einer Zeitskala weniger Tage in den ozonreichen Schichten der unteren und mittleren Stratosphäre vernachlässigt werden. Als Anfangswerte werden zur Zeit Analysen des EZMW verwendet, die auf geeignete Weise für das GME aufbereitet werden.

Die UV-Vorhersage wird mit einer neueren Version des STAR Modells gerechnet. Eingangsgrößen sind die Ozonschichtdicke und vertikale Profile von Ozon, Temperatur und Druck, welche aus den Vorhersageergebnissen des GME Modells entnommen werden. Das Strahlungsmodell, welches auf der Matrix-Operator Methode beruht, wird auf Punkte im regulären Gitter mit einer Auflösung von 0,75 Grad angewendet. In einem weiteren Schritt erfolgen noch einige Korrekturen der errechneten Werte für den UV-Index und das Spektrum. Den größten Effekt hierbei haben die Korrekturen für Bewölkung und Geländehöhe.

In der Präsentation werden sowohl die Methode als auch Ergebnisse der Rechnungen vorgestellt. Vergleiche mit Messungen von Ozon und UV-Strahlung werden vorgenommen um die Qualität der Vorhersage beurteilen zu können.

⁷ European Cooperation in the field of Scientific and Technical Research

⁸ Small Scale Structure Early Warning and Monitoring in Atmospheric Ozone and Related Exposure to UV-B Radiation

DER EINFLUß VON LOKALWINDSYSTEMEN AUF DIE OZONBELASTUNG IM UMLAND VON BALLUNGSRÄUMEN AM BEISPIEL GRAZ

Andreas Gobiet, Österreich

Der Grazer Zentralraum, in dem etwa 360.000 Menschen leben, liegt in einem Becken am Ausgang des Murtales am südöstlichen Rand der Alpen. Die lokalen Windverhältnisse sind stark vom komplexen Terrain und dem Murtalwindssystem geprägt. Im Sommer 2000 führte das Institut für Geophysik, Astrophysik und Meteorologie (IGAM) der Universität Graz eine Meßkampagne zur Beurteilung der Ozonbelastung im Umland von Graz durch. Besonderes Augenmerk lag dabei auf dem Einfluß des lokalen Talwindsystems auf die Ozonkonzentration.

In einem kleinen Tal 9 km nördlich von Graz wurden mit einem DOAS-System die Konzentrationen von Ozon, NO_2 und SO_2 , sowie mit einer mobilen meteorologischen Station Wind, Feuchte und Temperatur in zwei Höhen (2m und 10m) gemessen. Auf einer Kuppe 23 km südlich des Grazer Stadtgebietes wurde ein auf UV-Absorption basierender Ozonmonitor eingesetzt. Zusätzlich wurden bei der Interpretation der Ergebnisse Daten des permanenten Luftgütemeßnetzes des Landes Steiermark herangezogen.

Erwartungsgemäß lagen sowohl die Maximalkonzentrationen, als auch die Tagesmittelwerte der Ozonkonzentration an beiden Meßstandorten (südlich und nördlich des Stadtgebietes) weit über den in der Stadt gemessenen Werten. Die Maxima wiesen an beiden Standorten sehr ähnliche Werte auf, die Tagesmittelwerte waren aber nördlich der Stadt höher als im Süden. Diese Differenz ist vor allem auf die hohe nächtliche Ozonkonzentration nördlich von Graz zurückzuführen.

Die Analyse der Windverhältnisse an diesem Standort weisen auf ein ausgeprägtes Lokalwindsystem mit zwei bevorzugten Windrichtungen hin. Tagsüber (Taleinwind) strömt die mit primären Schadstoffen (NO_x , VOC) angereicherte Luft aus dem Grazer Stadtgebiet zum Meßstandort, in der Nacht (Talauswind) kehrt sich die Strömung um, und weitgehend unbelastete Luft aus dem inneralpinen Raum erreicht Graz.

Das Murtalwindssystem ist bei antizyklonalen Wetterlagen mit starker Sonneneinstrahlung am stärksten ausgeprägt. Das sind Bedingungen, die auch hohe Ozonkonzentrationen begünstigen. Das nördliche Umland von Graz ist besonders anfällig für die Bildung hoher Ozonkonzentrationen, da tagsüber bei starker Sonneneinstrahlung in den belasteten städtischen Luftmassen Ozon gebildet wird, während in der Nacht wegen der geringen NO_x -Konzentration der Ozonabbau nur langsam vonstatten geht.

Südlich des Stadtgebietes wird in der Nacht Ozon wesentlich effektiver abgebaut. Einerseits erreicht mit dem Talauswind NO_x -angereicherte Luft das südliche Umland von Graz, andererseits sind hier die lokalen Emissionen aus dem Automobilverkehr höher.

DIE BEDEUTUNG VON RADON ALS TRACER IM LUFTCHEMISCHEN MEßPROGRAMM DER GAW STATION HOHENPEIßENBERG

Uwe Kaminski, Deutschland

Radon, genauer Radon-222 (Halbwertszeit 3.8 Tage), ist ein natürliches radioaktives Gas, das überall dort entsteht, wo im Erdboden Uran und Radium vorhanden ist. Als Gas kann Radon - im Gegensatz zu anderen Radionukliden - durch Spalten und Kapillaren aus dem Erdreich in die Atmosphäre übertreten. Wie hoch der Radongehalt in der bodennahen Luft ist, hängt von der geologischen Beschaffenheit und der Bodenporosität ab. Relativ hohe Konzentrationen sind in granitischen und vulkanischen Landstrichen anzutreffen, niedrigere in Schotter- oder Muschelkalkgebieten. In Deutschland liegen die Quellen vor allem in den ehemaligen Uranabbaugebieten in Sachsen und Thüringen (Erz- und Fichtelgebirge, Thüringer Wald), sowie im Schwarzwald und Bayerischen Wald.

Erhöhte Radonkonzentrationen können in Bezug auf vertikale Austauschvorgänge als Tracer dienen, ob die Luft durch die bodennahe Grenzschicht beeinflusst wurde. Die Radonkonzentration ist in der bodennahen Atmosphäre selber systematischen jahreszeitlichen und meteorologisch bedingten Schwankungen unterworfen. Bodenfrost behindert die Emanation, so daß es nach dem Auftauen zu erhöhten Radonkonzentrationen kommt.

An der GAW Globalstation Zugspitze/Hohenpeißenberg wird Radon seit über 2 Jahren gemessen. In der vorliegenden Untersuchung wird die Abhängigkeit der Radonkonzentration von der Windrichtung, Trajektorienherkunft, Windgeschwindigkeit, Temperatur, Niederschlagsintensität und von der Jahres- und Tageszeit untersucht. Außerdem wird ein Einfluß der Wetterlage gemäß der Klassifikation nach Dittmann untersucht. Auf Basis von Tagesmittelwerten läßt sich eine gute Korrelation mit der Rußkonzentration (Quelle liegt ebenfalls am Boden) zeigen. Weiterhin ergibt sich mit vom DWD gerechneten Rückwärtstrajektorien ein mittlerer Zusammenhang zwischen Radonkonzentration und Höhe der Trajektorienbahn über Grund. Je dichter die Trajektorie sich dem Erdboden nähert, desto höher sind im Mittel die Radonkonzentrationen. Tagesmittelwerte der Radonkonzentration scheinen also als Tracer für bodennahen Ursprung bzw. Kontakt der Luft geeignet zu sein. Um die Anwendung von Radon als Tracer zu testen, wird die Ozonkonzentration am Hohenpeißenberg, getrennt für Sommer- und Winterhalbjahre, als Funktion der Radonkonzentration untersucht. Hohe Radonwerte im Sommer sind im Mittel mit erhöhtem photochemisch gebildetem Ozon korreliert, hohe Radonwerte im Winter sind dagegen ein Indikator für Ozonabbau.

INHOMOGENE RAUHIGKEIT UND REALE TOPOGRAPHIE – IHRE BEDEUTUNG FÜR DIE ZUKÜNFTIGE AUSBREITUNGSRECHNUNG –

Werner-Jürgen Kost, Jost Nielinger, Deutschland

Die klassische Ausbreitungsberechnung nach Anhang C der TALuft sah grundsätzlich die Simulation mit homogener Rauigkeit in ebenem Gelände vor. Diese starke Vereinfachung führte in der Vergangenheit immer wieder zu sogenannten Sonderfallprüfungen. In der Regel wurde dann bei solchen Sonderfallprüfungen eine höherwertige Simulationstechnik mit z.B. Lagrange-Modellen und / oder mikroskaligen Modellen eingesetzt. Dabei konnte dann der inhomogenen Rauigkeit und oder der komplexen Geländestruktur Rechnung getragen werden.

Ein Entwurf der neuen bundesdeutschen TALuft sieht ein neues Ausbreitungsberechnungsverfahren auf Basis der Lagrange-Simulation vor. In diesem soll es möglich sein und gefordert werden, je nach Aufgabenstellung schon von vornherein komplexes Gelände zumindest mit einem diagnostischen Windfeldmodell zu berücksichtigen.

Damit wird die Ausbreitungssimulation nicht nur im Genehmigungsverfahren deutlich aufgewertet. Die Forderung nach Einsatz von zumindest diagnostischen Windfeldmodellen ist allerdings, unter Hinweis auf die gestiegenen Anforderungen an die Modellierer, nicht unumstritten.

Anhand einer realen Ausbreitungsberechnung für eine Müllverbrennungsanlage (Kaminhöhe 150 m) in gegliederten Gelände mit inhomogener Rauigkeit wird der Einfluss aufgezeigt, wenn ersten mit ebenem Gelände und homogener Rauigkeit, zweitens mit inhomogener Rauigkeit und ebenem Gelände und drittens unter Berücksichtigung der Orographie und inhomogener realer Rauigkeit gerechnet wird.

Dieser Rechendatensatz wurde weiterhin dafür genutzt, den immer deutlicher werdenden Einfluss zu demonstrieren, wenn die Kaminhöhe von 150 m auf 50 m und schließlich auf 25 m abgesenkt wird. Dies ist vor allem für die immer häufiger werdenden niedrigen Emittenten von großer Bedeutung.

Die Ergebnisse zeigen, dass zukünftig nicht mehr strittig sein sollte, inhomogene Rauigkeit und komplexes Gelände vor allem bei niedrigen Quellen entsprechend zu berücksichtigen.

DIE VARIABILITÄT DER SPURENSTOFFKONZENTRATIONEN IM NEBELWASSER VON HOCHNEBEL IM ZENTRALRAUM DER MUR- MÜRZFURCHE

Alexander Podesser, Österreich

Im Hinblick auf die Entstehung neuartiger Waldschäden ist kontaminierter Nebel ein nicht zu unterschätzender Faktor. Vor allem die Untersuchungen von ZIER 1992, SCHMITT 1987, in jüngster Zeit vor allem KALINA und PUXBAUM 1997 weisen in diese Richtung. Aber auch schon in früheren Arbeiten wird auf die hohen Spurenstoffkonzentrationen im Nebelwasser verwiesen (z. Bsp. FUZZI et al. 1988, GEORGII und SCHMITT 1985, SONDEREGGER 1984, usw.).

Dass der Niederschlagszuschlag durch Nebelwasser oder Rauhreif bzw. Rauhrost, der vor allem durch die Interzeptionsvorgänge an der Vegetation zustande kommt, gebietsweise ganz wesentlich zum Gesamtniederschlag beitragen kann, ist bereits aus zahlreichen älteren Arbeiten bekannt (z. Bsp. RUBNER 1932, Lampadius 1941, GRUNOW 1955, 1965). Aber auch für die Steiermark wurden an exponierteren Lagen im 1000 m- Niveau bis zu 300 mm zusätzlicher Niederschlag ermittelt (PODESSER 1993).

Im Zuge zweier Arbeiten (PODESSER 1993, SODL 1993) wurden im Zeitraum September bis Dezember 1992 Nebelwasserproben im Mur- und Mürztal mit Passivsammlern routinemäßig gesammelt und analysiert.

Zwischen 1994 und 1996 erfolgten weitere Probennahmen mit Aktivsammlern, die eine windunabhängige und mobile Sammlung innerhalb kürzerer Zeiträume ermöglichten (PODESSER 1999, SODL 1998).

Es folgten Nebelwassersammlungen und Analysen für ein Nebelmonitoring an ausgewählten Punkten in der Steiermark, welche zwischen September und Dezember 1996 mit Passivsammlern durchgeführt wurden (LAZAR, 1997).

Die jüngsten Nebelwasserproben zwischen September 1998 und Jänner 1999 wurden ebenfalls mit Passivsammlern an entsprechend exponierten Punkten genommen (PODESSER, 2000). Somit steht für die Steiermark eine relativ lange Messreihe mit insgesamt um die 150 Einzelmessungen zur Verfügung.

Die vorläufigen Ergebnisse zeigen, dass der teilweise beträchtliche Spurenstoffgehalt im Nebelwasser mit ein Grund für den oft schlechten Waldzustand im Bereich der häufigen Nebelobergrenzen sein könnte. Die dafür besonders gefährdeten Gebiete wie Prallhänge oder Bergrücken wurden in einem GIS dargestellt. Für den Zentralraum der Mur- Mürzfurche wurde eine 40- jährige Hochnebelstatistik ausgewertet.

FERNTRANSPORTE UND PHOTOCHEMIE IM ÖSTLICHEN MITTELMERRAUM

B. Rappenglück et al., Deutschland

Von entfernt gelegenen Orten im Mittelmeerraum liegen nach wie vor nur geringe Informationen über die luftchemische Zusammensetzung, insbesondere aber auch über anthropogen bedingte Veränderungen im luftchemischen Haushalt vor. Die griechische Insel Kreta bietet sich aus einer Reihe von Gründen für derartige Untersuchungen an: zum einen befinden sich im Umkreis von 270 km keine städtischen Ballungsräume, zum anderen stellt die umgebende Wasseroberfläche selbst ein Gebiet mit vernachlässigbaren anthropogenen Quellen dar. Zudem treten über Wasseroberflächen niedrigere Depositionsgeschwindigkeiten für eine Vielzahl von Spurengasen auf, sie wirkt somit "konservierend". Schließlich erlaubt die gebirgige Struktur Kretas die gleichzeitige Durchführung von Messungen in Küstenniveau als auch in der planetarischen Grenzschicht. Innerhalb der PAUR-II Feldmeßkampagne (Mai/Juni 1999) wurde eine Reihe luftchemisch relevanter Messungen (O₃, PAN, NO_x, NMHC, Aerosole, JO(1D), JNO₂) an einer an der Nordküste gelegenen Station sowie an einer Bergstation (1.020 m NN) durchgeführt. Zudem wurden O₃- und UV-Messungen an Bord eines Schiffes entlang eines Nord-Süd-Transsektes innerhalb der Ägäis vorgenommen.

Die Ergebnisse zeigen, dass die südliche Ägäis eine photochemisch aktive Region darstellt, welche erhöhte Ozonwerte und episodenhafte markante PAN-Konzentrationen (bis zu 2 ppb) aufweist. Berechnungen von Rückwärtstrajektorien weisen hierbei auf Ferntransporte aus dem Athener, z.T. sogar Istanbuler Raum hin. Für gering verunreinigte (PAN < 250 ppt) sowie schadstoffbelastete Luftmassen (PAN > 250 ppt) konnten typische Spurenstoff-Muster festgestellt werden. Dabei wies die Küstenstation bei gering verunreinigten Luftmassen einen höheren Gehalt an feinen Aerosolen auf. Berechnungen für die Küstenstation zeigen zudem, dass die primäre OH-Produktion in dieser Region des Mittelmeerraums in höherem Maße von dem Feuchtigkeitsgehalt als von der Ozonkonzentration abhängt.

PRIMÄRE PHOTOPROZESSE ATMOSPHERISCHER SPURENGASE

R. Flesch, J. Plenge, M. C. Schürmann, S. Köhl, M. Klusmann, E. Rühl, Deutschland

Die Photolyse atmosphärischer Spurengase führt zum Eintrag reaktiver Atome und Radikale in die Atmosphäre, die sich in elektronisch oder vibratorisch angeregten Zuständen befinden und einen wesentlichen Einfluß auf die Chemie der Atmosphäre ausüben können. Zusätzlich weisen insbesondere mehratomige Spurengase häufig konkurrierende Produktkanäle auf, deren absolute Quantenausbeuten nicht exakt als Funktion der Photolysewellenlänge bekannt sind.

Es wird ein neuer experimenteller Ansatz vorgestellt, der die detaillierte Charakterisierung primärer Photoprozesse atmosphärischer Moleküle und Radikale ermöglicht. Die Photolyse im ultravioletten und im sichtbaren Spektralbereich erfolgt unter stoßfreien Bedingungen mit einem gepulsten, durchstimmbaren Farbstofflaser. Photolyseprodukte werden nachfolgend mit zeitkorrelierter, durchstimmbarer Vakuum-UV-Strahlung photoionisiert und in einem Flugzeitmassenspektrometer nachgewiesen.

Der Ansatz ermöglicht (a) die Identifizierung sämtlicher Photolyseprodukte, (b) die Bestimmung des Anregungszustandes der Photoprodukte durch Ausnutzung von Autoionisationsprozessen und (c) die Bestimmung von Verzweigungsverhältnissen und primärer Quantenausbeuten konkurrierender Photoprozesse.

Es werden aktuelle Resultate zur Photolyse troposphärischer und stratosphärischer Moleküle und Radikale vorgestellt. Dabei wird insbesondere auf die Bildung von atomarem Sauerstoff im Grundzustand ($3P$) und im angeregten Zustand ($1D$) sowie auf die Bildung von atomarem Chlor im Grundzustand ($2P$) aus den Molekülen Ozon (O_3), Chlordioxid ($OCIO$), Nitrylchlorid ($ClNO_2$), Chlormonoxid (ClO) und Dichlorperoxid ($ClOOCl$) als Funktion der Anregungswellenlänge eingegangen und die Photolyse vibratorisch angeregter und schwingungsloser Spezies verglichen. Folgerungen für die Chemie der Atmosphäre werden diskutiert

TRENDS VON SCHADSTOFFZEITREIHEN AN HOCHGELEGENEN STATIONEN (DACH GAW) DER ALPEN

Helfried Scheifinger, August Kaiser, Österreich

Über etwas mehr als 7 Jahre (19930101 bis 2000430) stehen halbstündliche Ozondaten vom Observatorium am Sonnblick zur Analyse zur Verfügung. Um mögliche Trends in verschiedenen Wertebereichen festzustellen, wurden die Daten einer Aufbereitungsprozedur unterworfen. Es werden die Perzentilen (5, 25, 50, 75 und 95%) über ein gleitendes Zeitintervall berechnet. Die Intervalllänge beträgt 91 Tage und der Intervallzeitschritt 24 Stunden. Der 46. Tag liegt damit in der Mitte des Gleitintervalls. Durch das dreimonatige Zeitintervall werden einzelne Episoden herausgeglättet.

Eine der möglichen Trendanpassungen ist eine Linearkombination von Funktionen, wie sie von Keeling et al. (1976) zur Anpassung an die CO₂ Zeitreihe verwendet wird:

$$X(t) = a_1 \sin 2\pi t + a_2 \cos 2\pi t + a_3 \sin 4\pi t + a_4 \cos 4\pi t + a_5 + a_6 t + a_7 t^2 + a_8 t^3$$

wobei X die Ozonkonzentration in ppb und t die Zeit in Dezimaljahren seit 19930101 bedeuten. Die Anpassung der obigen Funktion an die Daten wurde mit der Funktion lfit aus Press et al. (1992) vorgenommen. Der Koeffizient a_6 gibt den linearen Trend der Zeitreihe in ppb/Jahr an.

Mit Hilfe des Schönwetterfilters wurde der Rohdatensatz in zwei weitere Datensätze aufgeteilt, wobei Ozonwerte entweder einer Zeitperiode mit ‚Schönwetter‘ (flag 0) oder ‚Schlechtwetter‘ (flag 1) zugeordnet wurden (Fricke et al., 2000). Jeder der drei Datensätze wurde wiederum in je 5 Perzentilklassen aufgeteilt, wodurch sich 15 Zeitreihen zur Analyse ergeben.

Die Ergebnisse der Trendberechnung hängt sehr davon ab, ob das Jahr 1993 in die Trendberechnungen eingeschlossen wird oder nicht. Mit den Daten aus dem Jahr 1993 ergeben sich deutliche Konzentrationszunahmen von bis zu über 10 ppb/Jahr, im anderen Fall wenig eindeutige Trends. Die Zeitreihen sind noch etwas zu kurz, um sichere Schlüsse zuzulassen.

Die Perzentil - Zeitreihen der Rohdaten zeigt eine mit zunehmenden Konzentrationen zunehmende Jahresamplitude. Demnach könnte man sich die Ozonreihe aus zwei Komponenten zusammengesetzt denken und zwar einer Grundkomponente mit geringen Werten und einem geringen Jahresgang und einer aufgesetzten sommerlichen Komponente mit hohen Werten.

Die Unterschiede zwischen den Rohdaten und den gefilterten Datenreihen ist gering. Die Zeitreihen der Rohdaten und der Schlechtwetterreihe (flag 1) sind fast ident. Die auf Schönwetterzeiten flag (0) beschränkte Reihe zeigt etwas höhere Mittelwerte. Die 25% Perzentilreihe neigt zu einem sägezahnähnlichen zeitlichen Verlauf. Auch die Differenzreihe 95% - 5% neigt dazu. Der Anstieg im Frühjahr erfolgt dabei langsamer als das Absinken im Herbst.

Es wurde vermutet, daß ein gewisser Trendanteil der Ozonreihen auf die Filter zurückgeführt werden kann, falls die Filter selbst einem zeitlichen Trend unterworfen sind. Die Zeitreihen der Schönwetterfilter zeigen für (flag 0)/(flag 0 + flag 1) einen Trend von etwa +2%/Jahr und für (flag 1)/(flag 0 + flag 1) den inversen Trend von -2%/Jahr. Die Ergebnisse der linearen Trends lassen aber keinen besonderen Einfluß des Trends der Filter vermuten.

DER EINFLUSS DYNAMISCHER VERKEHRSSIMULATION AUF DIE IMMISSIONSSITUATION IM GROBRAUM KÖLN

F.-N. Sentuc, N. Eissfeldt, M. Lubrichs, M. Kerschgens, A. Ebel, Deutschland

Im Rahmen eines interdisziplinären Sonderforschungsbereiches (SFB 419) wird im Teilprojekt B3 das Themengebiet: „Herkunftsanalyse, Transport und Transformation von Luftschadstoffen – Untersuchung von Verminderungsstrategien durch Simulation“ behandelt. In diesem Teilprojekt wird dabei insbesondere Wert auf die hochaufgelöste Simulation des Straßenverkehrs gelegt, um die Auswirkungen zeitlich und räumlich stark variabler Emissionsquellen auf die Schadstoffverteilung im Großraum Köln zu untersuchen.

Die Immissionssituation in einem Gebiet ist das Ergebnis des Zusammenspiels zeitabhängiger regionaler und lokaler Emissionsquellen sowie meteorologischer und chemischer Abläufe. Um diesem Umstand Rechnung zu tragen wurde zunächst eine Modellkette (CARLOS) entwickelt, die den komplexen Zusammenhang zwischen der Herkunft der Schadstoffe, deren Ausbreitung und Umwandlung in der Atmosphäre umfasst. Auf der regionalen Skala werden zur Erfassung von großräumigen Transportprozessen die Felder des Strömungsmodells MM5 als Antrieb für ein Chemie-Transport-Modell (CTM2) genutzt. Die Ergebnisse dieser Simulationen liefern dann die Randbedingungen für die entsprechende, hochauflösende Modellkette (FOOT3DK/CTM2F) auf der lokalen Skala, so dass Aussagen über die Schadstoffbelastung z.B. in einzelnen Stadtteilen ermöglicht werden. Auf der Seite der Emittenten werden genehmigungspflichtige Anlagen, Kleingewerbe und Privathaushalte (Quelle: Emissionskataster des Landesumweltamtes Nordrhein-Westfalen) sowie der Verkehr berücksichtigt.

Besondere Aufmerksamkeit gilt zur Zeit auf der lokalen Skala den NO_x -Emissionen von Kraftfahrzeugen in Zusammenhang mit der Produktion von Ozon bei sommerlichen Strahlungswetterlagen. Der dynamische Ansatz zur Simulation des Straßenverkehrs erlaubt im Gegensatz zu konventionellen statistischen Verfahren, wichtige Effekte wie die Staubbildung sowie die Interaktion zwischen den einzelnen Fahrern im Verkehrsnetz zu erfassen und mit diesen Daten ein hochaufgelöstes Kataster der Verkehrsemissionen zu berechnen. Durch die Verfolgung von Einzelfahrzeugen in einem variablen Straßennetz können städteplanerische Maßnahmen wie z.B. der Ausbau eines Autobahnringes oder die Sperrung eines Verkehrsweges simuliert werden.

Als Grundlage für die Untersuchung von Verminderungsstrategien wurde eine Episode mit hohen Ozonkonzentrationen in NRW im August 1997 ausgewählt. Dieses Basisszenario bildet den Ausgangspunkt für die Berechnung fiktiver „Was-wäre-wenn“-Szenarien, die auch in Zusammenarbeit mit anderen Teilprojekten des SFB's erstellt werden sollen. Langfristiges Ziel ist die Bestimmung der Auswirkungen von prognostizierten Änderungen, z.B. des Kraftwerkparks, des regionalen Klimas oder des Verkehrs, auf die Immissionssituation in einem industriellen Ballungsraum.

LUFTSCHADSTOFF-MESSUNGEN AN LÄNDLICHEN HINTERGRUNDSTANDORTEN IN ÖSTERREICH

Wolfgang Spangl, Österreich

Das Österreichische Umweltbundesamt betreibt ein Messnetz aus neun Hintergrund-Messstellen zur Erfassung der großflächigen (regionalen) Hintergrund-Belastung der Luftschadstoffe Schwefeldioxid, Schwebestaub, Stickstoffoxide, Kohlenmonoxid und Ozon in Österreich. Als regionale Hintergrund-Belastung wird eine für einen Umkreis von ca. 50 km repräsentative Schadstoffkonzentration bezeichnet, die von lokalen Schadstoffemissionen in nur sehr geringem Ausmaß beeinflusst wird. Die regionale Hintergrund-Belastung wird primär von Emissionen im Umkreis von mehreren 100 km bzw. von einem Hintergrund auf kontinentalem Maßstab bestimmt.

Das österreichische Hintergrund-Messnetz umfasst die Standorte Illmitz, Pillersdorf und Enzenkirchen im außeralpinen Bereich sowie St. Koloman, St. Sigmund, Stolzalpe, Sulzberg, Vorhegg und Zöbelboden in den Alpen. Dazu kommt die hochalpine Messstelle Sonnblick im Rahmen des GAW-Programms der WMO.

Die Anforderung großflächiger Repräsentativität ist nur im außeralpinen Bereich gegeben. An den Messstellen im Gebirge bestimmen die tagesperiodischen, topographisch induzierten Zirkulationsmuster sowie die Temperaturschichtung der Talatmosphäre den lokalen Schadstofftransport. Die an den alpinen Hintergrundmessstellen erfassten Schadstoffkonzentrationen – insbesondere Stickstoffoxide – weisen daher u.U. einen signifikanten Beitrag von Transport aus den nächstgelegenen Tälern auf, der von der dortigen Emissionsdichte abhängig ist. Der Beitrag von Schadstofftransport aus Tälern kann anhand von Tagesgängen und Windrosen identifiziert werden; die davon unbeeinflusste „echte“ Hintergrundbelastung entspricht dem Konzentrationsniveau, das nachts bei Hangabwind beobachtet wird.

Die NO_x-Hintergrundkonzentration liegt in den letzten Jahren in den außeralpinen Regionen Österreichs bei 4 bis 5 ppb als Jahresmittelwert, an Messstellen in den Randgebieten der Alpen bei 2 ppb, in inneralpinen Regionen um 1 ppb, wobei kein Trend zu erkennen ist. Der Beitrag von NO_x-Emissionen in nahegelegenen Tälern oder im Alpenvorland kann bis zu 2 ppb betragen.

Das großflächige Belastungsbild wird bei SO₂ nach aktuellem Wissensstand primär von Emissionen großer Punktquellen in Ostmitteleuropa bestimmt. Dementsprechend weist der Nordosten Österreichs die höchste SO₂-Hintergrundkonzentration auf; großflächig hohe SO₂-Belastungen um 200 µg/m³ wurden hier zuletzt im Jänner 1997 registriert. Derartige Belastungsepisoden standen stets mit Hochdruckwetterlagen mit Advektion sehr kalter, stabil geschichteter kontinentaler Luftmassen von Osten her in Verbindung. Die SO₂-Konzentration ging in Nordostösterreich seit 1993 von 19 µg/m³ im Jahresmittel auf 4 µg/m³ (1999) zurück, in den alpinen Regionen von um 5 µg/m³ auf 1 µg/m³. Dieser deutlich abnehmende Trend steht mit dem Rückgang der SO₂-Emissionen in den östlichen und nördlichen Nachbarländern in Verbindung, aber auch mit der milden Witterung in den Wintern seit 1997/98. SO₂-Ferntransport aus den östlichen und nördlichen Nachbarstaaten bestimmt bis in den äußersten Westen Österreichs die Hintergrundbelastung. Die zu Ozon parallelen Tagesverläufe deuten darauf hin, dass SO₂-Ferntransport primär dort in der Reservoirschicht stattfindet.

Die CO-Hintergrundbelastung ist regional ausgesprochen einheitlich. Sie liegt im Nordosten im Jahresmittel bei 0,3 bis 0,4 mg/m³, in den Alpen um 0,2 mg/m³; dieser Wert dürfte einem großräumig repräsentativen Konzentrationsniveau auf mitteleuropäischem Maßstab entsprechen.

INTERKONTINENTALTRANSPORT VON LUFTSCHADSTOFFEN

Andreas Stohl et al., Deutschland

Der Vortrag beschäftigt sich mit dem Transport von Ozon und Ozonvorläuferstoffen aus der nordamerikanischen Grenzschicht nach Europa. Zunächst wird ein Überblick gegeben, welche Mechanismen diesen Transport bewirken. Dann werden Fallstudien vorgestellt, die den Transport von Ozon nachweisen, das aus anthropogen emittierten Vorläufern in den USA photochemisch gebildet wurde. Das Ozon wurde dabei entlang des Transportweges mittels Bodenstationen, Flugzeugmessungen und Lidarmessungen verfolgt. Die Rolle der Ozonbildung während des Transports wird mittels Flugzeugmessungen entlang der nordamerikanischen Küste untersucht. Schliesslich wird eine Klimatologie von sog. warm conveyor belts präsentiert. Diese stellen einen wichtigen Mechanismus des Exports von Luftschadstoffen aus der Grenzschicht in die obere Troposphäre dar, wo der anschließende Interkontinentaltransport stattfindet.

TRITIUM ALS 'NATÜRLICHER' TRACER VON LUFTMASSEN

Roland Tesch, Österreich

Obwohl die großen Tritiummengen, die als Folge der Kernwaffentests am Beginn der 60er Jahre in die Umwelt freigesetzt wurden, nahezu verschwunden sind, existieren noch immer andere anthropogene Quellen wie etwa der nukleare Brennstoffkreislauf, Experimente zur Kernfusion oder andere industrielle und militärische Anwendungen, durch welche Tritium in die Atmosphäre gelangt. Zur Verfolgung von Luftmassen und zur Identifizierung von Tritiumquellen wurde Ende der 80er Jahre ein regionales Netzwerk ins Leben gerufen, das mit wöchentlichen Proben den Tritiumgehalt des Luftwasserdampfes und des Luftwasserstoffes verfolgen sollte. Von den ursprünglichen Teilnehmern aus Kroatien, Polen, Österreich, Slowenien und Ungarn ist heute alleine die Station im Forschungszentrum Arsenal in Betrieb. Seit 1991 werden am Arsenal Proben von Luftwasserstoff und -wasserdampf genommen und in Hinblick auf ihren Tritiumgehalt analysiert. Im Oktober 1998 wurde am Sonnblick eine weitere Station in Betrieb genommen. Für die nahe Zukunft ist geplant, die Untersuchungen in Hinblick auf klimatologische Fragestellungen auf die stabilen Isotope H-2 und O-18 auszuweiten.

Es werden die verwendete Probenahmeeinrichtung und die Probengewinnung beschrieben, sowie die bisher vorliegenden Ergebnisse präsentiert.

EINSATZ EINES DIAGNOSTISCHEN STRÖMUNGSMODELLS IM OPERATIONELLEN BETRIEB FÜR DIE UMGEBUNGSÜBERWACHUNG IM NAHBEREICH KERNTÉCHNISCHER ANLAGEN

D. Teuchert, M. Kerschgens, M. Moellmann, Deutschland

Zu den Aufgaben der Umgebungsüberwachung des Forschungszentrums Jülich (FZJ) zählt unter anderem die Bestimmung der Ausbreitung von luftgetragenen Schadstoffen beim Auftreten eines Störfalles. Präzise Ausbreitungsrechnungen basieren auf der Kenntnis der aktuellen Strömungsverhältnisse im Untersuchungsgebiet, die mit Hilfe eines numerischen Strömungsmodells ermittelt werden sollen.

Die Anforderungen, die an dieses Modell gestellt werden, sind:

- Schnelle und zuverlässige Berechnung eines hochaufgelösten, dreidimensionalen Windfeldes.
- Geeignete Parametrisierung zur Berechnung der Strömung in hohen Pflanzenbeständen.

Für die Berechnung der Windverhältnisse soll das diagnostische Strömungsmodell MCF (Mass Consistent Flow Model) im operationellen Betrieb eingesetzt werden. MCF wurde maßgeblich an der Universität zu Köln entwickelt. Für die Belange des FZJ wurde es von einer PC- in eine UNIX-Plattform portiert und eine Umgebung entwickelt, die den operationellen Betrieb des MCF ermöglicht.

Das Untersuchungsgebiet hat eine horizontale Ausdehnung von 2.5 km X 2.5 km. Es wird mit einer Gittermaschenweite von 10 m X 10 m auf 25 nicht äquidistanten Rechenschichten, deren Aufteilung mit Hilfe einer geometrischen Reihe bestimmt wird, in geländefolgenden Koordinaten gerechnet. Die Höhe der aktuellen planetaren Grenzschicht wird als Modelloberrand vorgegeben. Der Modellantrieb erfolgt über die Messdaten des meteorologischen Messturmes des FZJ, sowie mit den 48 stündigen Prognosedaten des Lokal-Modells (LM) des Deutschen Wetterdienstes. Die lokalen Messdaten werden zur Erstellung des momentanen Windfeldes verwendet, das mit einer zeitlichen Auflösung von 10 Minuten aktualisiert wird. Zur Prognose dienen die Felder des LM als Antrieb des MCF. Diese Art der prognostizierten lokalen Windfelder ermöglicht erste, schnelle Abschätzungen über das Ausbreitungsverhalten der Emission unter Berücksichtigung geänderter Windverhältnisse. Die LM Daten und die damit berechneten MCF-Windfelder werden 2 mal täglich aktualisiert (00 UTC und 12 UTC).

Das FZJ befindet sich zu großen Teilen in bewaldetem Gebiet. Die Strömung durch hohe Pflanzenbestände muss daher berücksichtigt werden. Als erste Näherung wurden die Windprofile innerhalb des Bestandes, unter Verwendung eines empirischen Exponentenansatz nach H.-B. Su (1998) parametrisiert. Eine Langzeitmessung der Windprofile im Wald des FZJ zeigt aber, dass der einfache Ansatz nach Su eine zu grobe Näherung ist. Im gesamten Stammraum wurden die Windgeschwindigkeiten vom Modell systematisch unterschätzt. Des Weiteren wird ein sekundäres Maximum der Windgeschwindigkeit im unteren Stammraum gemessen, welches mit dem Ansatz nach Su nicht erfasst werden kann. Die Bestimmung der Widerstandskoeffizienten auf den Höhen der drei Rechenschichten, die innerhalb des Bestandes liegen, ermöglicht die vertikale Differenzierung der Windprofile im Modell. Zur Zeit werden Strahlungsmessungen innerhalb und oberhalb der Pflanzenschicht durchgeführt. Ein empirischer Zusammenhang zwischen der vertikalen Strahlungsdifferenz und dem Grad der Belaubung, der sich auf die Struktur der Windprofile auswirkt, soll gefunden werden. Durch diesen Zusammenhang ist es möglich, den Laubwechsel im operationellen Betrieb des MCF zu berücksichtigen. Die Ergebnisse der momentan noch andauernden Untersuchungen sollen vorgestellt werden.

METEOROLOGISCHE FILTERUNG HOCHALPINER NO_x UND CO-DATEN VOM JUNGFRAUJOCH, CH

Andrea Weiss, Jann Forrer, Peter Hofer, Schweiz

Auf dem Jungfraujoch werden seit 1997 halbstündliche Mittelwerte der Konzentrationen von NO_x, CO und Ozon gemessen. Die Variabilität dieser Zeitreihen wird diskutiert. Drei unabhängige Methoden ("Filter") wurden entwickelt, um thermische induzierte Vorgänge, Föhnepisoden und synoptischen Hebungsprozesse zu erkennen. Das heisst, beim Auftreten von Südföhn, Nordföhn, Durchgang von Fronten und Thermik wurde angenommen, dass teilweise die belastete Grundsicht zum Jungfraujoch heraufgemischt wurde.

Die CO - und NO_x - Daten wurden mit Hilfe der meteorologischen Filter interpretiert. Es wurden Intervalle für mögliche Trends in den beobachteten NO_x - und CO -Konzentrationen berechnet sowie Trends für die grossräumige Hintergrundsbelastung abgeschätzt. Es wird demonstriert, dass für die Messungen vom Jungfraujoch die Filterung klar die Signifikanzen der Trends erhöht.

AUSBREITUNGSMODELLE FÜR GERUCHSSTOFFE ZUR ABSCHÄTZUNG VON GERUCHSBELÄSTIGUNGEN

G. Schauburger, M. Piringer, Österreich

Vor allem die Geruchsemission aus Tierhaltungsbetrieben ist eine große Belastung für die umgebende Wohnbevölkerung. Die Abschätzung der Geruchsbelästigung kann einerseits mit Hilfe von einfachen empirischen Berechnungsverfahren erfolgen. Andererseits können auch bekannte Ausbreitungsmodelle eingesetzt werden. Eine Voraussetzung für den Einsatz solcher Modelle sind ausreichende Informationen über die Geruchsquelle. Die Modelle liefern dann mittlere Immissionskonzentrationen. Um die Anforderungen an die Geruchswahrnehmung des Menschen erfüllen zu können, sind Verfahren erforderlich mit denen die maximal zu erwartende Immissionskonzentration für Zeitintervalle, die einem Atemzug entsprechen, abgeschätzt werden können. Die Bewertung dieser Geruchsimmissionskonzentrationen durch festgelegte Geruchsschwellenwerte und Überschreitungshäufigkeiten liefert dann Schutzabstände zwischen Emittenten und Wohnbebauung. Die derzeit verwendete Methodik für die einzelnen Schritte wird kritisch behandelt.

KONTINUIERLICHE 1-JAHRES-SIMULATIONEN ZUR AUSBREITUNG VON GERUCHSSTOFFEN IN DER ATMOSPHÄRE

Günter Groß, Deutschland

Es wird ein gekoppeltes Meteorologie- und Ausbreitungsmodell vorgestellt das in der Lage ist, die Ausbreitung von Luftbeimengungen kontinuierlich über ein Jahr (und mehr) zu berechnen. Das Ausbreitungsmodell berechnet sowohl die mittlere Konzentration als auch die Konzentrationsfluktuation und kann daher auch für Fragen zur Geruchsausbreitung eingesetzt werden. Während Wind und Turbulenz mit einem eindimensionalen zeitabhängigen Modell bestimmt werden, erfolgt die Simulation der zeitlichen Entwicklung der Luftschadstoffe dreidimensional. Die Ergebnisse der Langzeitintegrationen mit dem meteorologischen Modell werden mit Beobachtungen verglichen und zeigen sowohl hinsichtlich der Häufigkeitsverteilungen als auch der zeitlichen Entwicklung eine sehr gute Übereinstimmung. Es werden mehrere Rechnungen zur Schadstoffausbreitung jeweils über ein Jahr durchgeführt und dabei verschiedene Modellannahmen und Eingabegrößen variiert. In Abhängigkeit davon und der Definition einer Geruchsstunde ergeben sich große Unterschiede in der Häufigkeit der Geruchsbelastung in der Umgebung einer Quelle innerhalb eines Jahres.

PHYSIKALISCHE MODELLIERUNG VON GERUCHSAUSBREITUNGSVORGÄNGEN IM NAHFELD EINES SCHWEINESTALLES

B. Leitl, S. Aubrun, M. Schatzmann, Deutschland

Es existieren bisher kaum praxistaugliche und vollständig validierte numerische Modelle, die eine zuverlässige Prognose und Bewertung von Geruchsimmissionen gestatten. Die Entwicklung, Verbesserung und Validierung von Geruchsausbreitungsmodellen scheitert unter anderem am Fehlen geeigneter Referenz- bzw. Vergleichsdatensätze, mit denen neue Modellansätze entwickelt, erprobt und bewertet werden können. Im Rahmen eines umfangreichen, vom Land Baden Württemberg im Forschungsprogramm "BW-PLUS – Lebensgrundlage Umwelt und ihre Sicherung" geförderten Verbundprojektes wird gegenwärtig versucht, unter Einbeziehung aller zur Verfügung stehenden Untersuchungs- und Analyseverfahren erstmals einen vollständig dokumentierten und qualitativ abgesicherten Referenzdatensatz zu erzeugen, der neben Daten aus Feldmessungen und olfaktometrischen Untersuchungen die Ergebnisse von Experimenten im Windkanallabor des Meteorologischen Instituts der Universität Hamburg einschließt. Den Modellversuchen im Grenzschichtwindkanal kommt eine besondere Bedeutung zu. Sie stellen gegenwärtig das einzige, qualitativ abgesicherte Modellverfahren dar, mit dessen Hilfe die in ihre Aussagefähigkeit beschränkten, stichprobenartigen Feldmessungen um die für Vergleichsdaten erforderlichen, systematischen Untersuchungen unter vollständig dokumentierten Ausbreitungsrandbedingungen ergänzt werden können.

Der Beitrag stellt die Ergebnisse der bisher durchgeführten systematischen Modellversuche im kleinen Grenzschichtwindkanal des Meteorologischen Instituts der Universität Hamburg vor. Es wird auf die für die Erzeugung von Datensätzen mit Referenzqualität wesentlichen Aspekte der Qualitätssicherung im Zuge der Grenzschichtmodellierung und Ausbreitungssimulation eingegangen. Die zur Bestimmung turbulenter Konzentrationsfluktuationen verwendete Versuchs- und Messtechnik wird vorgestellt und die Übertragbarkeit der Modellergebnisse auf die Verhältnisse in der Natur wird diskutiert. Am Beispiel des untersuchten Praxisstalles wird gezeigt, welchen Einfluss lokale Strömungshindernisse und die Freisetzungsbedingungen der Geruchsstoffe auf die Ausbreitung im Nahfeld der Quelle haben. Die Eignung und mögliche Prognosegenauigkeit verschiedener, in der Praxis üblicher Modellansätze wird unter Bezug auf die Ergebnisse der physikalischen Modellierung diskutiert.

AUSBREITUNG VON GERÜCHEN IN KALTLUFTABFLÜSSEN

R. Röckle, C.-J. Richter, Deutschland

Kaltluftabflüsse spielen bei der Ausbreitung von Geruchsstoffen häufig eine entscheidende Rolle. Kaltluftabflüsse bilden sich während wolkenarmer Nächte in strukturiertem Gelände aus und folgen – analog zu Wasser – dem Hanggradienten oder der Talachse. Falls sich eine Geruchsquelle (z.B. eine Deponie, eine Kompostierungsanlage o.ä.) innerhalb eines Kaltluftabflusses befindet, werden die entstehenden Geruchsemissionen auf ihrem Ausbreitungspfad nur wenig verdünnt und breiten sich schlierenförmig, oft über mehrere Kilometer hinweg, aus.

Die Kaltluftströmung folgt, je nach Mächtigkeit, unterschiedlich stark den Geländeformen. Dies bedingt komplizierte Ausbreitungspfade, die eine Zuordnung zwischen Emittent und Einwirkort in der Planungsphase oft nur schwer vorhersagen lassen.

Bei Kaltluftabflüssen handelt es sich um stabil geschichtete Strömungen im Übergangsbereich laminar - turbulent. Demzufolge werden Geruchsemissionen nur in geringem Maße verdünnt, so dass es auch in relativ weit entfernten Bereichen zu Geruchseindrücken kommen kann. Diese Geruchseindrücke wirken vor allem in den Sommermonaten, in denen man sich häufiger im Freien aufhält oder bei Nacht die Fenster geöffnet hält, belästigend.

Fragestellungen, die sich im Zusammenhang mit Geruchsausbreitung in Kaltluftabflüssen ergeben, sind:

- Welche Standorte sind für geruchsemitterende Anlagen gut / weniger gut / nicht geeignet
- Welche Geruchsimmissionen sind in der Umgebung der geplanten Anlage zu erwarten
- Welche Geruchsminderungsmaßnahmen müssen ergriffen werden, um die Geruchsimmissionen auf das erlaubte Maß zu reduzieren

Es werden Möglichkeiten aufgezeigt, wie numerische Simulationen der Kaltluftabflüsse und der Geruchsstoffausbreitung für Planungsmaßnahmen eingesetzt werden können.

STAND UND ENTWICKLUNG DER GERUCHSAUSBREITUNGSRECHNUNG IN GENEHMIGUNGSVERFAHREN

Uwe Hartmann, Deutschland

In Genehmigungsverfahren spielt die Anwendung von Geruchsausbreitungsmodellen für die Entscheidung über die Genehmigungsfähigkeit einer Anlage eine übergeordnete Rolle. Etwa drei Viertel der Verfahren werden mit Hilfe der Immissionsprognose abgewickelt. Derzeit kommen überwiegend die in der Geruchsimmisions-Richtlinie NRW (GIRL, 1999) als Konvention genannten Modelle TA Luft/Faktor 10 und Odif (zurückgezogener Gründruck der VDI Richtlinie 3782 Blatt 4) zum Einsatz, die jedoch aufgrund ihres Gauß'schen Ansatzes bei der Berechnung der Konzentrationsmittelwerte einen erhöhten Unsicherheitsbereich insbesondere im Nahbereich von Emissionsquellen verzeichnen. Die Anwendungspraxis zeigt hingegen einen wachsenden Bedarf in diesem Anwendungsbereich. Daher kommen zunehmend komplexe Strömungs- und Ausbreitungsmodelle zum Einsatz, mit denen Gebäudeeffekte und die quellscharfe Ausbreitung von Geruchsstoffen simuliert werden. Auch diese Modelle kommen nicht ohne Fluktuationfaktor aus. RÜHLING UND LOHMEYER (1999) schlagen beispielsweise den Faktor 4 vor, der sich nach Auswertungen von verschiedenen Windkanaluntersuchungen aus dem Verhältnis aus 90-Perzentil zum Mittelwert ergibt. Anhand von Geruchsfahnen- und Rasterbegehungen wird die Praxistauglichkeit von verschiedenen Modellen überprüft und im Vortrag vorgestellt.

Literatur:

GIRL, 1999: *Feststellung und Beurteilung von Geruchsimmisionen (Geruchsimmisions-Richtlinie) in der Fassung vom 13. Mai 1998 mit Begründung und Auslegungshinweisen in der Fassung vom 07. Mai 1999.* — Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz NRW, Düsseldorf, 59 S.

Rühling A. und A. Lohmeyer: *Modellierung des Ausbreitungsverhaltens von luftfremden Schadstoffen/Gerüchen bei niedrigen Quellen im Nahbereich.* — Abschlußbericht zum FuE-Vorhaben im Auftrag des Sächsischen Landesamts für Umwelt und Geologie, Radebeul, 84 S.

GERUCHSSTOFFAUSBREITUNGSBERECHNUNG FÜR INHOMOGENE RAUHIGKEIT IN KOMPLEXES GELÄNDE

Werner-Jürgen Kost, Jost Nielinger, Deutschland

Während die Ausbreitungsberechnung für klassische Luftbeimengungen wie SO_2 oder NO_2 prinzipiell keine wesentlichen und grundsätzlichen Probleme mehr aufwerfen sollte, stellt sich die Situation für die Ausbreitungsberechnung für Geruchsstoffe in inhomogenen und rauhem Gelände, kombiniert womöglich mit komplexer Topographie, als nicht trivial dar.

Ursache dafür ist, dass nicht die reine Mittelwertbetrachtung das Ergebnis maßgebend steuert, sondern die Fluktuation der Konzentration und damit die Häufigkeit des Überschreitens einer bestimmten Zählschwelle (z.B. Geruchsschwelle).

Diese Häufigkeit des Überschreitens einer Zählschwelle ist u.a. direkt abhängig von der thermischen Turbulenz zwischen Quelle und Immissionsort, die durch den Stabilitätsparameter beschrieben werden kann.

Darüber hinaus steuert aber auch die mechanische Turbulenz, die durch Hindernisse induziert wird ebenfalls die Überschreitungshäufigkeit. Diese mechanische Turbulenz wird in der Regel durch den variablen Rauigkeitsparameter z_0 (Baukörper und / oder komplexe Topographie) beschrieben.

Somit stellt sich die Frage, ob und ab wann mit welchem Detaillierungsgrad gerade bei der Ausbreitungsberechnung von Geruchsstoffen diesen Randbedingungen Rechnung getragen werden muss.

Am Beispiel einer Geruchsausbreitungssimulation für eine Hafengebiet werden die Probleme in bezug auf die Unterschiede zwischen glatter Meeresoberfläche, einer typischen stark strukturierten Hafenbebauung und einer sich anschließenden Großstadt mit einer nicht zu vernachlässigenden Topographie dargestellt.

Allein die Variation des Parameter z_0 zeigt, wie stark das Ergebnis der Simulation davon abhängig ist und wirft die Frage nach einer zukünftig genaueren Detaillierung der Turbulenzparameter und deren sachgerechter Einbau in die Simulation auf.

Lösungsansätze sind angedacht und werden diskutiert.

SIMULATION DER GROBRÄUMIGEN GERUCHSBELÄSTIGUNG IM RAUM WIEN ALS FOLGE EINES INDUSTRIEUNFALLS

Gabriele Rau, Kathrin Baumann, August Kaiser, Ulrike Pechinger, Österreich

Am 27. März 1998 wurden gegen 6 Uhr morgens in Margarethen am Moos (rund 25 km südöstlich vom Stadtzentrum von Wien) etwa 4 kg eines Schmiermitteladditivs (Zinkdialkyldithiophosphat) freigesetzt, verbunden mit intensiven Geruchswahrnehmungen. In der Folge verlagerte sich die Geruchswolke über weite Teile des Stadtgebiets bis hin zum westlichen Stadtrand von Wien über eine Entfernung von rund 30 km. Die anfängliche Verlagerung der Geruchswolke ist aufgrund der zahlreichen Beschwerden bei den Gendarmeriekommanden gut dokumentiert.

Zum Zeitpunkt der Freisetzung herrschten außergewöhnliche meteorologische Verhältnisse, wodurch die weitreichende Verlagerung der Geruchswolke überhaupt erst ermöglicht wurde. Die frühen Morgenstunden waren gekennzeichnet durch eine äußerst stabile Schichtung mit sehr tiefen Temperaturen (-5°C) außerhalb des Stadtgebietes und einer sehr geringen Mischungsschichthöhe. Die Auflösung der starken Bodeninversion erfolgte schrittweise im Laufe des Vormittags. Erst mit Auflösung der Inversion gegen 11 Uhr verschwanden die Geruchswahrnehmungen endgültig.

Die Verlagerung dieser Geruchswolke wurde unter Verwendung aller verfügbaren meteorologischen Daten (Teilautomatisches Wettererfassungssystem, ergänzt durch Windmessstellen der Landesregierungen) mit einem Lagrange'schen Ausbreitungsmodell simuliert. Aus den zur Verfügung stehenden Windinformationen (TAWES, Luftgütemessnetz) wurde unter Verwendung eines Windfeldmodells die Verlagerung der Geruchswolke ermittelt, unterteilt in 10-minütige Abschnitte.

Die rechnerische Simulation stimmt ungeachtet des stark vereinfachten Emissionsszenarios kurz nach Freisetzung recht gut mit den dokumentierten Geruchswahrnehmungen überein; je länger der Simulationszeitraum wird, desto größer werden die Unsicherheiten: Der westliche Stadtrand wird etwa eine Stunde später, als es den Beobachtungen entspricht, erreicht. Nach 3 Stunden ist bereits eine deutliche Streckung der Wolke und eine Ausdehnung in Richtung Westen erkennbar. Nach einer Simulationszeit von 4 Stunden liegt der Fehler im Zeitpunkt des Eintreffens der Wolke im Westen der Stadt bei rund 25%.

UNTERSUCHUNG DER LAGERFÄHIGKEIT VON GERUCHSPROBEN

C.-J. Richter, K.-H. Enderle, N. Papamichail, Deutschland

In den vergangenen Jahren hat die Ermittlung von Geruchsemissionen und -immissionen zunehmend an Bedeutung gewonnen. Da die Geruchsproben zur Ermittlung der Geruchsemissionen entsprechend den Vorgaben der Geruchsimmissions-Richtlinie umgehend nach der Probenahme analysiert werden müssen, ist ein mindestens vierköpfiges Probandenkollektiv vor Ort vorzuhalten. Dies bedingt einen relativ hohen Zeit- und Kostenaufwand.

Eine erhebliche Kosteneinsparung ist möglich, falls nachgewiesen wird, dass die vor Ort entnommenen Proben mehrere Stunden oder gar Tage später im Labor des Messinstitutes analysiert werden dürfen. Es muss allerdings nachgeprüft werden, welche Lagerzeit noch hinnehmbar ist, ohne dass es zu einer signifikanten Veränderung der Messergebnisse kommt.

Aus diesem Grund wurden an ausgewählten Geruchsquellen olfaktometrische Messungen mit dem Ziel durchgeführt, die Lagerfähigkeit der Proben systematisch zu untersuchen. Der Einfluss des Materials des Probenahmebeutels auf die Lagerfähigkeit sowie weitere Parameter wurden stichprobenartig untersucht.

Zur physikalisch-chemischen Analyse der zeitlichen Stabilität kamen auch elektronische Nasen und ein FID zum Einsatz. Ihre Tauglichkeit bei der Analyse von Geruchsproben wird diskutiert.

PRAKTISCHE ERFAHRUNGEN MIT DER "VORLÄUFIGEN RICHTLINIE ZUR BEURTEILUNG VON IMMISSIONEN AUS DER NUTZTIERHALTUNG IN STALLUNGEN" UNTER BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG RECHTLICHER RAHMENBEDINGUNGEN

Josef Teufelhart, Österreich

Immissionen aus der Nutztierhaltung können in Österreich sowohl nach zivilrechtlichen, als auch nach verwaltungsrechtlichen Bestimmungen Gegenstand von Verfahren sein. Zivilrechtlich ist gem. § 364 Abs. 2 Allgemeines Bürgerliches Gesetzbuch eine sogenannte Unterlassungsklage hinsichtlich solcher Immissionen möglich, welche "das nach den örtlichen Verhältnissen gewöhnliche Maß überschreiten und die ortsübliche Benutzung des Grundstückes wesentlich beeinträchtigen". Verwaltungsrechtlich ist zu beachten, dass nicht das Halten von Nutztieren als solches einer behördlichen Bewilligung bedarf, sondern die Errichtung der dazu dienenden Bauwerke. Im Falle landwirtschaftlicher Nutztierhaltungen (Tierzucht, -mast) sind daher ausschließlich die Bauordnungen der Länder anzuwenden, und zwar hinsichtlich der Bewilligung von der Tierhaltung dienenden Bauwerken. Bei den im Verhältnis eher unbedeutenden gewerblichen Tierhaltungen (Reitstallungen) ist zusätzlich das Betriebsanlagenrecht nach der Gewerbeordnung maßgeblich. Sämtliche hier in Betracht kommenden Gesetze enthalten Bestimmungen zum Schutz vor Immissionen; die neun Landesbauordnungen als wichtigste Gesetzesmaterie allerdings in jeweils unterschiedlicher Ausführung. Obwohl seit Jahren diverse in- und ausländische Richtlinien im Zusammenhang mit der Beurteilung von Immissionen aus der Nutztierhaltung existieren, wurde bisher keine von diesen vom Gesetzgeber in den einschlägigen Bestimmungen verbindlich verankert. Daher sind Richtlinien so wie andere Sachverhaltselemente Gegenstand der freien Beweisaufnahme und Beweiswürdigung und dürfen ohne Darlegung der ihnen zugrundeliegenden fachlichen Prämissen nicht herangezogen werden. Bloße Hinweise auf die Einhaltung einer Richtlinie oder auf - gesetzlich gar nicht verankerte - Grenzwerte oder Mindestabstände sind unzulässig.

Es ist daher anhand bisheriger praktischer Erfahrungen bei der Anwendung der österreichischen Richtlinie zu untersuchen,

- welche fachlichen Inhalte der Richtlinie aufgrund welcher gesetzlichen Regelungen in den jeweiligen Verfahren heranzuziehen sind,
- wie sich insbesondere die Inhalte der Richtlinie zu den unterschiedlichen Regelungen der neun Landesbauordnungen verhalten,
- wieweit und in welcher Form hier eine Anwendbarkeit gegeben ist und
- welche notwendigen Maßnahmen bei den gesetzlichen Rahmenbedingungen sowie bei der Anwendung und im Inhalt der Richtlinie in der Zukunft umzusetzen sind.

ERFASSUNG UND MODELLIERUNG DES WASSERHAUSHALTES IN FLUSSEINZUGSGEBIETEN - VORAUSSETZUNG ZUM NACHHALTIGEN HAUSHALTEN MIT DEM WASSER IN DER LANDSCHAFT

U. Grünewald, Deutschland

Bekanntlich bestehen enge Verknüpfungen und Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen (natürlichen) hydrologischen und hydrometeorologischen Prozessen aber auch (anthropogenen) Nutzungsprozessen in der Landschaft. Wesentlicher Betrachtungsraum zur Erfassung dieser Wechselwirkungen ist das hydrologische Einzugsgebiet, das durch Wasserscheiden begrenzt wird. Die räumliche und zeitliche Aufteilung der verschiedenen Wasserflüsse findet in den verschiedenen Kompartimenten und Niveaus dieser Einzugsgebiete statt. Ihre problemadäquate Erfassung und Modellierung in den unterschiedlichsten Raum- und Zeitskalen wirft nach wie vor eine Vielzahl von Fragen auf. Dabei gilt es, z. B. die verschiedenen Fließwege und Aufenthaltszeiten des Wassers von den verschiedenen Formen und Arten des fallenden Niederschlag bis hin zu den verschiedenen Komponenten des Abflusses in den Gewässern zu erfassen. Gleiches gilt beispielsweise auch für die verschiedenen Wechselwirkungen zwischen den Landnutzungsänderungen und der Evapotranspiration – vom Wasserfluss über die Wurzeln und die Pflanzenorgane, durch die Stomata zur Atmosphäre (Transpiration) und den Wasserfluss direkt von den offenen Wasser- und Bodenflächen zur Atmosphäre (Evaporation).

Dies gilt auch bezüglich der sich einstellenden Wasserbeschaffenheiten in stofflicher, biologischer und ökologischer Hinsicht in den verschiedenen Komponenten des Grund- und Oberflächenwassers.

Die notwendige, abgestimmte Bewirtschaftung von Land- und Wasserressourcensystemen erfordert daher ein engeres Zusammengehen beispielsweise von Hydrometeorologen, Hydrologen, Agrarwissenschaftlern und Ökologen schon bei der Herausarbeitung der Fragestellung, auf welchem Maßstabs- oder Aufteilungsniveau welche Probleme auftreten. Ausgehend davon gilt es dann gemeinsam die Antwort zu finden, auf welchem gemeinsamen Betrachtungsniveau das Problem bewältigt werden kann. Dies gilt sowohl bei Grundlagenforschungsuntersuchungen z. B. in kleinen Experimentaleinzugsgebieten als auch bei der Erforschung des Einflusses von drastischen Störungen des Wasser-, Energie- und Stoffhaushaltes z. B. in Bergbaufolgelandschaften.

IMPACTS OF HEAVY PRECIPITATION IN NOVEMBER 2000 IN SLOVENIA

Tanja Cegnar, Slovenia

The last third of the year 2000 was unusually warm and rainy. Most of the precipitation was concentrated in Posocje, northwest alpine region. This is the rainiest region in Slovenia, with the peak of precipitation in November, but in November 2000 over some areas in Posocje about 4 times more rain fell than on the average in the reference period, it was the rainiest November in the last 50 years. On the measuring site Zaga 1451 mm and in village Soca 1493 mm were recorded. Abundant and persistent precipitation caused several landslides, one of them being the most catastrophic on our territory as far as we can tell. There was no historical record of such landslide in that particular place. Some other landslides occurred in locations identified as endangered already in the past, causing no casualties. Abundant precipitation caused many floodings of quite long duration, in some places floodings persisted almost throughout the month. On some parts of the rivers the high water peaks and water level on the Karst lakes reached the record values in observed period. The highest discharge on the Savinja river near Solčava reached a 100 year return period, the Meza near Crna, the Soca with the tributaries in the upper part, the Sava Dolinjka and the Trziska Bistrica reached maximal discharge with 10 to 50 year return period. Right after the debris flow in Koritnica valley concentration of suspended sediment was extremely high even in river Soca. Cerknisko jezero, which is unique because of its seasonal occurrence, extended over the area never covered in the last 70 years.

Prevailing of one weather type for several weeks, and consequently unusually warm and humid weather, and nearly complete absence of snow cover in the lowland revived the debate about the impacts of climate change. Most of the media blamed climate change for the occurrence of unusual weather and all the inconvenience including the huge landslide in Posocje. Also the news about unusual and severe weather in other parts of the world, and taking place of the international conference about climate change, reinforced this interpretation. Within the community of climatologists and meteorologists different points of view and different interests showed up again and a debate and confrontation of different opinions was impetuous.

KLIMAÄNDERUNG UND EXTREME FLUSSWASSERMENGEN: EINE PROZESSSTUDIE FÜR DEN RHEIN MIT EINEMGEKOPPELTEN KLIMA-ABFLUSS-MODELL

Jan Kleinn, Christoph Frei, Joachim Gurtz, Pier Luigi Vidale, Christoph Schär, Schweiz

Die Folgen extremer Flusswasserstände und Abflussmengen gehören in Mitteleuropa zu den bedeutendsten durch Wetter und Klima bedingten Naturkatastrophen. Die Frage nach den Auswirkungen der globalen Klimaänderung auf das Abflussverhalten und die Häufigkeit extremer Wasserstände ist von hohem Interesse.

Im Winterhalbjahr können zwei wahrscheinliche Klimaeffekte zu einer Veränderung des Abflussverhaltens beitragen: die Verschiebung von Schneefall zu Regen bei höheren Temperaturen und die Zunahme intensiver Niederschläge als Folge einer erwärmungsbedingten Intensivierung des Wasserkreislaufs. In dieser Arbeit wird der gemeinsame Effekt dieser Veränderungen auf die Abflussstatistik im Einzugsgebiet des Rheins untersucht. Dazu werden Sensitivitätsexperimente mit einer Modellkette aus einem regionalen Klimamodell und einem hydrologischen Abflussmodell vorgestellt. Die Experimente basieren auf einem idealisierten grossskaligen Klimaszenario, in welchem die Antriebsfelder für das regionale Klimamodell um ein uniformes Temperaturinkrement (+2K) und eine entsprechende Zunahme der relativen atmosphärischen Feuchte (+15%) modifiziert wurden.

Das regionale Klimamodell (CHRM) gründet auf dem mesoskaligen Wettervorhersagemodell des Deutschen Wetterdienstes und wurde für Langzeitsimulationen angepasst. Das Modell wird in einem genesteten Modus mit Auflösungen von 56 km und 14 km angewandt. Der Antrieb erfolgt über ursprüngliche und modifizierte Reanalysen des ECMWF. Das hydrologische Abflussmodell (WaSiM) ist ein verteiltes Einzugsgebietsmodell und hat eine Auflösung von 1 km. WaSiM deckt das Einzugsgebiet des Rheins bis zum Pegel Köln ab. Die Kopplung der Modelle erfolgt über ein Regionalisierungsmodul, welches die Felder des CHRM (Strahlung, Temperatur, Niederschlag, Wind und Luftfeuchtigkeit) auf die Auflösung des WaSiM skaliert. Die Simulationen umfassen die 5 Winter 1989/90 bis 1993/94, jeweils von November bis Januar.

Eine detaillierte Validierung der Kontroll-Simulation zeigt, dass die Niederschlagsverteilungen des regionalen Klimamodells auf der Skala des gesamten Einzugsgebiets gut mit den Beobachtungen übereinstimmen. Auf der Skala von Teileinzugsgebieten, in der Höhenabhängigkeit sowie in der Häufigkeitsverteilung weisen die simulierten Niederschläge aber deutliche systematische Fehler auf. Diese Fehler wirken sich allerdings nur bedingt auf die Qualität der Abflusssimulation aus, welche eine gute Übereinstimmung mit den beobachteten Ganglinien zeigt.

In der Präsentation werden Resultate der Szenariosimulation für das gesamte Einzugsgebiet, sowie für alpine Teileinzugsgebiete und Teileinzugsgebiete aus dem Mittelgebirge vorgestellt. Die Veränderungen in der Abflussstatistik werden im Bezug auf die Rolle des Schneefalls und der veränderten Niederschlags-Häufigkeitsverteilung interpretiert.

SUMMER FLOODS IN CENTRAL EUROPE IN 1813 – AN ANALOGY OF FLOODS IN 1997?

Jan Munzar, Czech Republic

It was found out after disastrous floods in central Europe occurring in July 1997 that there are no comprehensive data available from the watershed of the Morava River and from the Czech part of the Odra (Oder) River that would facilitate a comparison with historical floods before the year 1900. The subsequent investigations revealed that one of possible analogies could be the August floods of 1813, which impacted the territories of today's northern Slovakia, northern Moravia and southern Poland. An experimental reconstruction of this historical flood is made in supraregional context, which among other meant the beginning of systematic observation of water levels in the Polish part of the Odra R. watershed.

MIKROKLIMATOLOGISCHE UND TRACERHYDROLOGISCHE BESTIMMUNG DER VERDUNSTUNG EINES FORSTLICHEN ÖKOSYSTEMS

Lutz Jaeger, Steffen Holzkämper, Deutschland

Es wird über eine Untersuchung berichtet, die die Ermittlung der Verdunstung eines Kiefernwaldes an der Forstmeteorologischen Messstelle Hartheim des Meteorologischen Instituts der Universität Freiburg zum Ziele hatte. Dabei wurde mit mikrometeorologischen und tracerhydrologischen Methoden gearbeitet. Zunächst wird das langjährige Verhalten der Energiebilanz des Hartheimer Waldökosystems dargestellt (1974 – 1999). Im Anschluss daran wurde für einen zweijährigen Zeitraum (November 1997 bis Oktober 1999) zum einen der Energiehaushalt des Waldökosystems und damit die Evapotranspiration mit dem SVERDRUP Verfahren über das Bowen-Verhältnis bestimmt und die dabei errechneten Verdunstungswerte mit Ergebnissen des Simulationsmodells „TRAIN“ verglichen. Von hydrologischer Seite wurden die Bodenfeuchteverhältnisse bestimmt und verschiedene Kompartimente des Hartheimer Waldniederschlags im Tracerlabor untersucht und den mikroklimatologischen Berechnungen gegenübergestellt. Während die Energiehaushaltsberechnung eine gute Übereinstimmung mit der Simulation zeigt, wird die hydrologische Seite nur besser interpretierbar, wenn die Probenahme verdichtet wird. Die Fortführung der Studie wird eine bessere Eingrenzung der hydrologischen Untersuchungsergebnisse erlauben.

MITTLERE JÄHRLICHE TATSÄCHLICHE VERDUNSTUNG UND ABFLUSSHÖHE (1961-1990) FÜR DEN HYDROLOGISCHEN ATLAS VON DEUTSCHLAND

P. Jankiewicz, G. Glugla, C. Rachimow, K. Richter, G. Fürtig, Deutschland

Für die Karteninhalte „Tatsächliche Verdunstungshöhe“ und „Abflusshöhe“ des Hydrologischen Atlas von Deutschland (HAD) sind räumlich hoch aufgelöste (1 km²-Raster) vieljährige Mittelwerte (1961/90) dieser Wasserhaushaltsgrößen für ganz Deutschland bestimmt worden.

Die Wahl des methodischen Grundkonzepts erfolgte nach vergleichenden Untersuchungen gängiger Verfahren zur Berechnung vieljähriger Mittelwerte der Wasserhaushaltsgrößen. Im Ergebnis dieser Analyse wurde das Verfahren nach BAGROV zur Berechnung der tatsächlichen Verdunstung für die klimatologisch- und landnutzungsbedingten variablen Einflüsse in Deutschland favorisiert:

Nach der BAGROV-Beziehung

$$\frac{dETa}{dP_{korr}} = 1 - \left(\frac{ETa}{ET \max} \right)^n$$

kann die mittlere tatsächliche Verdunstung ETa in Abhängigkeit vom korrigierten Niederschlag P_{korr} , von der landnutzungsabhängigen maximalen Verdunstung $ET \max$ bei ausreichendem Wasserdargebot und von dem Effektivitätsparameter n berechnet werden. Der Parameter n quantifiziert den Einfluss der Speichereigenschaften (Interzeption, Boden) für die tatsächliche Verdunstung und wurde anhand der Auswertung umfangreicher Lysimeter- und Klimabeobachtungen festgelegt.

Der Gesamtabfluss R für jede Landnutzungseinheit errechnet sich zu

$$R = P_{korr} - ETa .$$

Mit der Verwendung korrigierter Niederschläge wird der bei der Niederschlagsmessung auftretende systematische Fehler ausgeschaltet. Die landnutzungsabhängige maximale Verdunstung orientiert sich an der Gras-Referenzverdunstung ET_0 gemäß

$$ET \max = f \cdot f_H \cdot ET_0 ,$$

wobei der Parameter f aus umfangreichen Beobachtungen mit Lysimetern in Abhängigkeit von Landnutzung und Volumenfeuchte der nutzbaren Falldkapazität Θ_{nFK} quantifiziert wurde.

In die deutschlandweite Berechnung gehen neben der Landnutzung weitere für den Hydrologischen Atlas ermittelte Größen, wie die Bodenübersichtskarte und deren Hintergrundinformationen zu landnutzungsabhängigen Profilen, der Orographie, des korrigierten Niederschlages sowie der Gras-Referenzverdunstung ein.

Das Verfahren wird durch Vergleich gemessener und berechneter Abflüsse in ausgewählten Einzugsgebieten unterschiedlicher Größe, Lage und Landnutzung getestet.

MEHRJÄHRIGE AUSWERTUNG DES ATMOSPHERISCHEN FEUCHTEHAUSHALTES ÜBER DEN ALPEN

Christoph Matulla, Leopold Haimberger, Österreich

Ziel unserer Untersuchungen ist es, einen Beitrag zur besseren Erfassung der atmosphärischen Komponente des Wasserkreislaufes im Alpenraum zu leisten. Die dazu am besten geeignete Größe ist die Divergenz des Herantransportes von Feuchte an die Alpen.

Die konventionelle Methode zur Auswertung desselben nutzt Analysen eines Wettervorhersagezentrums (wir verwenden die des Europäischen Zentrums für Mittelfristige Wettervorhersage EZMW) auf einem regelmäßigen Gitter. Die alternative Methode ist die Berechnung des Haushaltes aus Radiosondendaten direkt auf dem unregelmäßigen Gitter, das durch die Verteilung der Stationen im und um den Alpenraum gegeben ist.

Durch die Rechnung auf dem unregelmäßigen Gitter wird der Fehler, der bei einer Interpolation auf ein regelmässiges Gitter auftritt, vermieden. Außerdem gestattet die Verwendung qualitätsgeprüfter Radiosondenmessungen eine weitgehende Unabhängigkeit von Assimilationsmodellen, die zur Erzeugung des bestmöglichen Ausgangszustandes für eine Wettervorhersage an den großen Rechenzentren verwendet werden.

Die Rechnung auf dem unregelmäßigen Gitter erfordert allerdings eine Diskretisierung der Erhaltungsgleichungen mit Hilfe der Finiten Elemente Methode. Zusätzlich erfüllt das mit Radiosonden gemessene Windfeld im allgemeinen nicht die Kontinuitätsgleichung. Solche unphysikalischen Divergenzen haben aber einen massiven Einfluss auf den Feuchtehaushalt.

Daher ist ein wesentlicher Bestandteil dieser Untersuchungen ein variationelles Verfahren zur Beseitigung dieser Restdivergenzen im Ausgangswindfeld. Mit dem Verfahren wird der Wind um etwa 10% modifiziert. Das ist weniger als z.B. die Differenz zum Windfeld des ECMWF. Das Feuchtefeld bleibt bei dieser Modifikation unverändert.

Wir bestimmen nun die Feuchteflussdivergenz für ein Gebiet, das die Alpen eng umschliesst, sowohl mit ECMWF-Daten als auch mit den leicht modifizierten Radiosondendaten.

Wir halten die vertikal integrierte Feuchteflußdivergenz für einen unmittelbaren Indikator für Niederschlagsereignisse im Alpenraum. Sie sollte bis auf die durch die Verdunstung gegebenen Unterschiede mit dem gemessenen Bodenniederschlägen übereinstimmen.

Erste auf Monatsbasis mit Hilfe der Finiten Elemente Methode gewonnene Ergebnisse für den Alpenraum zeigen im Mittel eine gute Übereinstimmung sowohl mit den vertikal integrierten Feuchteflußdivergenzen, die aus ECMWF-Analysen berechnet werden, als auch mit den gemessenen SYNOP-Bodenniederschlägen.

Die begonnenen Vergleiche der drei Datensätze werden derzeit für die Periode 1995-1999 durchgeführt. Durch die drei unabhängigen Zeitreihen kann die zeitliche Variabilität des atmosphärischen Wasserhaushaltes über dem Alpenraum besonders umfassend untersucht werden. Insbesondere erhält man durch die Vergleiche der Datensätze untereinander einen Schätzwert für die vorhandenen Unsicherheiten.

Neben der Klimavariabilität wird besonderes Augenmerk auf die Untersuchung des Feuchtehaushaltes während Starkregenereignissen gelegt.

ZUR KORREKTUR DES SYSTEMATISCHEN FEHLERS BEI DER NIEDERSCHLAGSMESSUNG

Markus Ungersböck, Ingeborg Auer, Franz Rubel, Österreich

Die Niederschlagsmessung ist grundsätzlich mit einem systematischen Fehler behaftet. Darunter fallen neben dem Meßfehler aufgrund von Windeinflüssen, als größten Faktor, unter anderem der Benetzungs- und Verdunstungsverlust. Vor der Verwendung dieser Meßdaten wäre es also wünschenswert, diese bezüglich ihres systematischen Fehlers hin zu korrigieren. Ohne Korrektur entfallen die monatlichen Mittelwerte um 5 - 30 % zu niedrig aus, bei einer täglichen Betrachtung sind die Abweichungen noch extremer. Neben der Möglichkeit die monatlichen Niederschlagsfelder mit der Methode von Legates (1987) zu korrigieren, wurde von Rubel und Hantel (1999) das Dynamic Correction Model (DCM) vorgestellt, welches die Korrektur täglicher Niederschlagsmessungen stationsspezifisch ermöglicht.

Das Dynamic Correction Model wurde bereits für eine globale Anwendung adaptiert (Ungersböck 2000) und soll nun für das österreichische Meßnetz unter Verwendung der umfangreichen Metadaten angepaßt und die mögliche Verbesserung in bezug auf das globale Modell quantifiziert werden. Da die Adaption noch in Entwicklung ist, soll die grundlegende Herangehensweise an die Lokalisierung des Modells gezeigt, und die wesentlichen Unterschiede zur globalen Variante diskutiert werden.

Literatur

Legates, D.R. (1987): A climatology of global precipitation. Publications in Climatology 40(1), Newark, Delaware.

Rubel, F. and M. Hantel (1999): Correction of daily rain gauge measurements in the Baltic Sea drainage basin. Nordic Hydrology, 30, 191-208.

Ungersböck, M. (2000): Korrektur des systematischen Fehlers weltweiter, synoptischer Niederschlagsmessungen, Diplomarbeit, Universität Wien, 97pp.

BALTEX - AS VIEWED FROM BAHC

Ferenc Acs, Hungary

BAHC (Biospheric Aspects of the Hydrological Cycle) research agenda of BALTEX (Baltic Sea Experiment) is discussed focusing on the role of vegetation. The main results of observational and modeling efforts are highlighted in terms of long-term measurements of CO_2 , below ground processes, land-atmosphere and vegetation-climate interaction, flow and transports in the riverine systems and development of global data sets. The results obtained are also analysed in a broader context relating them to the results and methodologies of other large scale experiments and research projects.

MODELLIERUNG VON WASSERKREISLÄUFEN IN DER WETTERVORHERSAGE

Gerhard Adrian, Deutschland

LANDEXPERIMENTE AUS HYDROLOGISCHER PERSPEKTIVE

Günter Blöschl, Österreich

Ziel von Landexperimenten ist die Bestimmung von atmosphärischen und hydrologischen Wasserbilanzen. Auf Grund von Unterschieden in den Problemstellungen, der Datenlage und auch den üblichen Arbeitsmethoden ergeben sich aus dem Blickwinkel der Atmosphärenwissenschaften und der hydrologischen Wissenschaften oft unterschiedliche Zugänge zum allgemeinen Problem der "Lösung der Wasserbilanzgleichung". Im vorliegenden Vortrag werde ich diese Zugänge in drei Abschnitten diskutieren: (a) Skalen und Kontrollvolumen, (b) Prozeßbeschreibung und Modelle, und (c) Eichung, Validierung und Datenlage. Der Erfolg der hydrologischen Wissenschaften in den letzten Jahrzehnten läßt sich vor allem darauf zurückführen, daß Abflußmessungen möglich sind. Sie erlauben eine einfache und genaue Messung des Integrals der Wasserflüsse aus einem Gebiet, da die lateralen Flüsse meist mit guter Näherung zu einem Punkt - der Pegelstelle - konvergieren. Dementsprechend nehmen Abflußdaten eine zentrale Rolle bei der hydrologischen Lösung der Wasserbilanz ein, wobei als Kontrollvolumen grundsätzlich das Konzept eines "Einzugsgebietes" verwendet wird. Diesem Vorteil steht allerdings der Nachteil gegenüber, daß der Abfluß kein Augenblickswert sondern ein zeitlich integriertes Signal ist, und der Speicherterm im Gebiet, der die zeitliche Dynamik beeinflusst, nahezu immer unbekannt ist. Zwei Ansätze werden hier von den hydrologischen Wissenschaften verwendet. Zum einen kann eine verhältnismäßig lange Zeitspanne (größer als die charakteristische Zeitkonstante des Gebiets, z.B. mehrere Jahre) als Kontrollzeitraum verwendet werden. Alternativ werden, wenn die Betrachtung kurze Zeitskalen erfordert, wie etwa bei der Simulation der Dynamik der Gebietswasserbilanz und bei der Echtzeitabflußvorhersage, "Eichgrößen" eingeführt, die das Verhalten der Speicherterme beschreiben. Bei Landexperimenten sind die betrachteten Zeitskalen im subtäglischen Bereich. Die Erfassung der Speicherterme im Gebiet ist deshalb von zentraler Bedeutung. Bei der Beschreibung der hydrologischen Prozesse (einschließlich Speicherterme) durch Modelle tritt allerdings ein Skalenproblem auf, da bei Landexperimenten die Raumskalen in der Größenordnung von hunderten bis tausenden Kilometern liegen während die hydrologischen Prozesse auf viel kleineren Skalenebenen (Bodensäule, Hang, kleine Einzugsgebiete) ablaufen. Wendet man kleinskalige sogenannte physikalische Ansätze, wie die Richards-Gleichung, auf größeren Skalen an, so sind die Ergebnisse mit einer enormen Unsicherheit behaftet, da eine genaue Festlegung der internen und externen Randbedingungen nicht möglich ist. Hydrologische Vorgänge dürften generell in einem wesentlich höheren Maß von den Randbedingungen (und in einem wesentlich geringeren Maß von der inneren Struktur der Grundgleichungen) abhängen als dies für atmosphärische Vorgänge der Fall ist. Dies gilt auch für die Beschreibung der lateralen Transporte. Deshalb ist grundsätzlich eine Eichung der Modelle notwendig. Im Rahmen von Landexperimenten entwickelte "ungeeichte" hydrologische Modelle, etwa für die Beschreibung des Hochwasserabflusses, ergeben in der Regel zweifelhafte Ergebnisse. Umgekehrt ist es nicht direkt möglich, Abflüsse zur Validierung der Ergebnisse atmosphärischer Modelle (auf kurzen Skalenebenen) zu verwenden (inverses Problem), da eben das Verhalten des Speicherterms auf großen Skalenebenen nur aus Abflußmessungen erschlossen werden kann. Werden solche Vergleiche angestellt, sind deshalb nur Niederschlag-Abflußmodelle zu empfehlen, die zuvor mittels Niederschlags- und Abflußdaten für das gleiche Gebiet (und entsprechende Zeitskalen) geeicht und validiert wurden. Konzeptuelle hydrologische Modelle haben gegenüber physikalischen Modellen generell den Vorteil, daß wegen der geringeren Anzahl von Parametern die Eichung und Validierung leichter möglich ist. Gemessene räumliche Muster von dynamischen hydrologischen Variablen (wie etwa der Bodenfeuchte) bieten für die Eichung und die Validierung große Vorteile; auch ist eine Prozeßinterpretation i.a. gut möglich. Derzeit verfügbare Fernerkundungsmethoden stellen allerdings meist nur Informationen für die oberste Bodenschicht (eine oberflächennahe "Haut") zur Verfügung, während hydrologische Modelle in der Regel die gesamte hydrologisch aktive Zone (mehrere Meter) summarisch beschreiben, die auch für die Wasserbilanz relevant ist. Für die Erstellung von Methoden, die diese beiden Zonen in Beziehung setzen, besteht noch Forschungsbedarf. An der Schnittstelle zwischen Atmosphärenwissenschaften und Hydrologie gelegen, sind Landexperimenten generell als Möglichkeit und Chance zur gegenseitigen Ergänzung und Befruchtung der beiden Disziplinen anzusehen.

NIEDERSCHLAGSCHARAKTERISTIKA IM OSTSEERAUM

Daniela Jacob, Ralf Podzun, Deutschland

Kurzzeitige Starkniederschläge oder lang anhaltende Niederschlagsereignisse mittlerer Stärke können bei geeigneten Bodenbeschaffenheiten zu verheerenden Hochwasserkatastrophen führen. Studien der Niederschläge im Ostseeraum zeigen, daß beide Arten von Ereignissen regelmäßig auftreten können. Es soll an Hand von regionalen Klimamodellrechnungen untersucht werden, ob es bestimmte Niederschlagscharakteristika in verschiedenen Regionen des gesamten Ostsee-einzugsgebietes bzw. einzelner Bereiche eines Flußeinzugsgebietes gibt. Hierzu werden Regionen wie Südschweden und Nordschweden bzw. die Einzugsgebiete der Oder betrachtet.

Mit dem regionalen Klimamodell REMO wurden zwei langjährige Klimasimulationen für das Ostseegebiet durchgeführt. Re-Analysedaten des ECMWF dienten als lateraler Randantrieb für zwei Simulationen mit 0.5° horizontaler Auflösung. Da die Modellrechnungen mit ein und demselben Programmcode durchgeführt wurden, unterscheiden sie sich nur durch die verwendeten Darstellungen der physikalischen Prozesse. Zum Einen wurde das Schema des Europamodells verwendet, zum Anderen das des globalen Klimamodells ECHAM4. Dem gegenüber steht eine langjährige Modellrechnung mit einer horizontalen Auflösung von 0.16° .

Niederschlagsstatistiken wie Intensitätsklassen, Frequenz, Stärke und Dauer von extremen Ereignissen werden für verschieden Regionen erstellt und mit Beobachtungen verglichen. Außerdem wird untersucht, ob die regionalen Unterschiede größer sind als die Variationen, die durch die Wahl der Parameterisierungen bzw. der horizontalen Auflösung in den Ergebnissen auftreten.

STUDIEN ZUM ATMOSPHERISCHEN WASSERKREISLAUF IM BALTEX-GEBIET

E. Ruprecht, Deutschland

Die Untersuchung der Prozesse, die den Wasserkreislauf und dessen räumliche und zeitliche Variabilität bestimmen, ist eines der wichtigsten wissenschaftlichen Ziele von BALTEX. Wie in vielen Gebieten gab es vor BALTEX auch für den Ostseeraum eine (wenn auch geringe) Anzahl von Untersuchungen der Komponenten des Wasserkreislaufs mit unterschiedlichen Ergebnissen.

In diesem Vortrag soll ein Überblick gegeben werden über den Fortschritt, der in den zurückliegenden Jahren in BALTEX erreicht worden ist. Es werden dazu Ergebnisse diskutiert, die auf sehr unterschiedliche Methoden gewonnen worden sind, vor allem aus der Analyse von Beobachtungen und aus numerischen Modellen. Ein wesentlicher Fortschritt bei der Analyse der Beobachtungen liegt in der größeren Anzahl der Daten. Daraus sind Felder z.B. der Verdunstung über der Ostsee abgeleitet worden, die mehr der Realität entsprechen als die aus früheren Arbeiten. Zu den neuen Daten gehören auch die Reanalysen; mit den NCEP/NCAR Reanalyse-Daten liegt nun ein 40jähriger Datensatz vor, der zur Bestimmung des Wasserkreislaufs genutzt werden kann. Der Vorteil dieses Datensatzes liegt darin, dass er flächendeckend ist und die Felder der verschiedenen Parameter und in den unterschiedlichen Niveaus konsistent sind. Ergebnisse des Wasserhaushalts des BALTEX-Gebiets aus den NCEP/NCAR-Reanalysen werden gezeigt. Diese Ergebnisse werden verglichen mit denen aus verschiedenen Regionalmodellen. Trotz bisheriger Fortschritte in BALTEX müssen sich alle Anstrengungen auf BRIDGE richten, mit den dort gewonnenen Daten bei erhöhter Beobachtungsdichte sollte es möglich werden, noch vorhandene Ungenauigkeiten im BALTEX-Wasserkreislauf zu korrigieren.

MODELLIERUNG DES WASSERKREISLAUFES AUF KONTINENTALEN BIS REGIONALEN SKALEN

Christoph Schär, Schweiz

Der Wasserkreislauf und seine Wechselwirkungen mit der Atmosphäre und den Landoberflächen hat in den letzten Jahren auf unterschiedlichsten räumlichen und zeitlichen Skalen ständig an Beachtung gewonnen. Motivation ist die grosse Bedeutung von entsprechenden Prognosen für unseren Alltag, die zentrale Rolle der Substanz Wasser im Klimasystem, sowie die Perspektive der anstehenden globalen Klimaveränderung. In Europa beunruhigt insbesondere die Tendenz zu vermehrten und intensiveren winterlichen Niederschlägen, sowie die mögliche Zunahme von sommerlichen Dürreperioden im Mittelmeerraum.

Die Modellierung des Wasserkreislaufes hat in den letzten 20 Jahren in drei verschiedenen Bereichen bedeutende Fortschritte gemacht. Im Bereich der numerischen Wettervorhersage hat ein Wandel von der Prognose der Druckverteilung zur eigentlichen numerischen Wettervorhersage (Prognose von Bewölkung und Niederschlag) stattgefunden. Gegenwärtig steht eine weitere Verfeinerung der Auflösung und der Uebergang zu nichthydrostatischen Modellen an, mit dem Ziel die Topographie, kleinskalige Strömungen sowie konvektive Niederschlagsprozesse besser zu repräsentieren. Im Bereich der Klimamodelle erlauben hochauflösende globale und regionale Klimamodelle zunehmend, den Wasserkreislauf auf kontinentalen bis regionalen Skalen darzustellen. Validationsstudien zeigen zum Beispiel, dass regionale Klimamodelle (abhängig von Jahreszeit und betrachteter Region) in der Lage sind, laterale Randbedingungen in realistische und detaillierte Klimafelder umzusetzen. Im Bereich der hydrologischen Abflussmodelle schlussendlich hat ein Uebergang stattgefunden von flächengemittelten Methoden (welche auf kleinere Einzugsgebiete angewendet wurden) zu räumlich differenzierten Verfahren (welche auf einem Gitternetz arbeiten). Letztere haben grosse Vorteile wenn die Kopplung mit atmosphärischen Modellen ansteht, und sie erlauben eine wirklichkeitsnähere Beschreibung der relevanten physikalischen Prozesse. Die Fortschritte in diesen drei Bereichen können durch Beispiele auf unterschiedlichen Skalen (Europa, Alpenraum, einzelne Einzugsgebiete) anschaulich demonstriert werden.

In der Vergangenheit wurden entsprechende Verfahren primär zur Wetter- und Abflussvorhersage sowie zur Erstellung von Klimaszenarien verwendet. In der Zukunft dürften sich weitere Perspektiven eröffnen. Besonders aussichtsreich sind Anwendungen in folgenden Gebieten: (i) kurzfristige Wetter- und Abflussvorhersage mit expliziter Konvektion, (ii) mesoskalige Datenassimilation und Nowcasting, (iii) probabilistische mittelfristige Vorhersagemethoden, (iv) Studien über die Rolle von Landoberflächen und Landnutzungsänderungen, (v) Einsatz von Downscaling-Verfahren in der saisonalen Klimavorhersage, (vi) Anwendung auf Probleme der schwindenden Weltwasserressourcen, sowie (vii) Fallstudien, Prozess- und Sensitivitätsstudien in all diesen Bereichen.

NIEDERSCHLAGSMESSUNG ÜBER DER OSTSEE

Marco Clemens, Karl Bumke, Deutschland

Niederschlag ist eine der Hauptkomponenten des Wasserhaushaltes. Trotzdem sind die Niederschlagsraten über See nur unzulänglich bekannt, da in der Vergangenheit keine brauchbaren Messgeräte existierten.

Daher wurde am Institut für Meereskunde vor einigen Jahren mit der Entwicklung von neuen Niederschlagsmessgeräten begonnen, die auch für den Einsatz bei hohen Windgeschwindigkeiten, wie sie für die Verhältnisse auf See oder auf Schiffen typisch sind, geeignet sind. Das Resultat dieser Entwicklung ist der Schiffsregenschirm, der sich im Wesentlichen durch eine zusätzliche vertikale Sammelfläche von konventionellen Regenschirmen unterscheidet.

Nach dem Abschluss der Entwicklung wurden seit 1996 mehrere Handelsschiffe auf der Ostsee mit diesen neuen Schiffsregenschirmen ausgerüstet. Seitdem wird der Regen operativ auf den Schifffahrtsrouten von Deutschland nach Finnland gemessen.

Zur Ableitung der mittleren Regenraten aus den sowohl zeitlich als auch räumlich irregulär verteilten Schiffsmessungen wurde ein Analyseverfahren entwickelt, welches auf der Kriging-Methode basiert. Dazu wurden zunächst räumliche Korrelationsfunktionen aus den Messungen abgeleitet. Dabei zeigte sich, dass diese Funktionen deutliche Unterschiede in Abhängigkeit von der Jahreszeit aufweisen. Entsprechend des vorherrschend konvektiven Charakters der Niederschläge in den Herbstmonaten sind die räumlichen Strukturfunktionen in dieser Jahreszeit deutlich kürzer als im Frühjahr/Sommer, wenn die Atmosphäre überwiegend stabil geschichtet ist. Die Analyse der Messungen ergab, dass die Datenbasis ausreichend ist, saisonale Niederschlagsfelder mit einer Auflösung von 55km mit hinreichender Genauigkeit für die Ostsee abzuleiten.

Diese Felder wurden mit analysierten Feldern (MESAN vom Schwedischen Meteorologischen Hydrographischen Institut) und prognostizierten Feldern (Regionalmodell vom Max-Planck Institut für Meteorologie Hamburg) verglichen. Es zeigten sich deutliche Unterschiede zwischen den verschiedenen Feldern. Daher wurden zusätzliche Vergleiche mit synoptischen Niederschlagsmessungen an Küstenstationen und auf Inseln in unmittelbarer Nähe zu den Schifffahrtsrouten durchgeführt, wobei diese Messungen hinsichtlich Umströmungs-, Verdunstungs- und Benetzungsfehler von Franz Rubel korrigiert waren. Daraus resultiert, dass die aus den Schiffsmessungen abgeleiteten Niederschläge keine systematischen Fehler aufweisen, während die Analysen des MESAN den Niederschlag auf See deutlich unterschätzen. Vergleichsmessungen des Schiffsregenschirms mit konventionellen Regenschirmen zeigen, dass diese Unterschätzung im Wesentlichen auf den Umströmungsfehler konventioneller Regenschirme zurückgeführt werden kann, der auch bei Messungen im Küstenbereich nicht vernachlässigt werden darf.

EMPIRISCHE TRENNUNG VON ABFLUSSKOMPONENTEN IM BALTEX GEBIET

Peter Carl, H. Behrendt, Deutschland

Inverse und im mathematischen Sinne schlecht gestellte (ohne Zusatzannahmen nicht eindeutig lösbar) Aufgaben gehören in den geophysikalischen Disziplinen zum Alltag. Mathematisch eindeutige Lösungen inverser Probleme, wie die Dekomposition von Zeitreihen über einer orthogonalen, vollständigen Basis, sind (geo-)physikalisch oft nicht besonders relevant. Geradezu irreführende Aussagen können sich beispielsweise ergeben, wenn die stillschweigende Voraussetzung von ("Quasi-") Stationarität, etwa bei der Fourier-Transformation (FT), offensichtlich nicht erfüllt ist. Bei der empirischen Separation von Abflusskomponenten verbietet die Erhaltung der Nichtnegativität, und zwar in jeder einzelnen Komponente, zudem ohnehin die 'blinde' Anwendung solcher traditionellen Methoden der Zeitreihenanalyse, wenn sie mit dem Ziel einer hydrologischen Interpretation der Ergebnisse erfolgt.

Dem klassischen Vorgehen in der praktischen Hydrologie folgend, wurde ein Verfahren entwickelt, das über die iterative Konstruktion unterer Einhüllender (im Raum der logarithmischen Signale mittels kubischer Splines) eine Hierarchie empirischer, strikt nicht-negativer Komponenten erzeugt. Die Zuordnung zu Kategorien wie Basis-, Zwischen- und Oberflächenabfluss wird objektiviert durch Analyse des spektralen Informationsgehalts der Residuen im Hinblick auf ihr Verhalten im jeweiligen Targetbereich des Fourier-Spektrums. Als Option zur kontrollierten Dekomposition über vorgegebenen Spektralbereichen (von Interesse für die Einbeziehung von a priori Information - etwa bei schwachen Komponenten, die durch Nachbarn dominiert werden, oder für spezielle Fragestellungen wie Variabilität des Jahresganges etc.) ist Wavelet-Filterung im Test. Dies dient gleichzeitig der Diagnostik selbstähnlichen Verhaltens, d.h. der Suche nach möglichen scaling-Bereichen und ihrer Charakterisierung durch Masse wie fraktale Dimension, im Verlaufe der Dekomposition.

Die Methode wird demonstriert anhand von Abflussdaten aus dem BALTEX Einzugsgebiet. Vergleiche mit Modellrechnungen (HBV, ARG-EGMO) belegen die Konkurrenzfähigkeit des vollständig empirischen Verfahrens bereits ohne Unterstützung durch Wavelet-Filterung. Es wird daher als sinnvolle Ergänzung bzw. Alternative zur modellbasierten Bestimmung von Abflusskomponenten angesehen, was seine weitere 'Aufreistung' und breitere Anwendung rechtfertigt.

UNTERSUCHUNGEN ZUR KLEINRÄUMIGEN NIEDERSCHLAGSSTRUKTUR

Thomas Hauf, Deutschland

Die lokalen Niederschlagscharakteristika wie maximale Niederschlagsrate, Andauer und Gesamtniederschlag eines Niederschlagsereignisses, Autokorrelationsfunktion und Niederschlagsverteilung hängen neben meteorologischen Parametern wesentlich von der räumlichen Niederschlagsstruktur ab. In diesem Beitrag wird dieser Sachverhalt zunächst mit einem einfachen Automatenmodell für konvektive Niederschlagsereignisse aufgezeigt. In dem Modell driften konvektive Zellen mit dem mittleren Wind, wobei innerhalb der Zelle eine räumliche Niederschlagsverteilung vorgegeben wird. Zusätzlich unterliegen die Zellen einem ebenfalls vorgegebenen Lebenszyklus oder großräumigen Trend. Der lokal beobachtbare Niederschlag folgt demzufolge einer Taylor-Hypothese, die durch den angenommenen Lebenszyklus geringfügig modifiziert wird. Die Anordnung der Zellen und ihre Erzeugung kann vorgegeben werden. Es wird illustriert, wie die lokalen Niederschlagscharakteristika bei gleichem Gebietsniederschlag und gleicher Anzahl konvektiver Zellen sich für den Fall longitudinaler und lateraler Anordnung der Zellen mit dem mittleren Wind und bei Zellclustern unterscheiden. Außerdem wird die Rolle der Windgeschwindigkeit untersucht. Die Abhängigkeit des Niederschlags von seiner kleinräumigen Struktur ist in der Literatur bisher wenig untersucht worden. Das Modell gibt die Möglichkeit die prinzipielle Bedeutung der Niederschlagsstruktur und anderer Parameter zu analysieren.

Als nächstes wird in diesem Beitrag die räumliche Strukturanalyse konvektiver Niederschlagsereignisse für die westliche norddeutsche Tiefebene anhand von Radarmessungen vorgestellt. Es zeigt sich, daß während 70% der Zeit eine der drei obigen Niederschlagsstrukturen identifiziert werden kann. Die Gebiete mit einheitlicher Niederschlagsstruktur haben allerdings horizontale Abmessungen von einigen hundert Kilometern, so daß im gesamten Beobachtungsgebiet durchaus gleichzeitig mehrere Strukturtypen vorliegen können. Typische Unterschiede existieren beispielsweise zwischen Land und See. In der Übergangszone der Küste ist außerdem eine Tendenz der konvektiven Zellen zur Clusterung zu beobachten.

In einem dritten Schritt werden erste Ergebnisse zu einer ähnlichen Analyse des kleinräumigen Niederschlags im gesamten BALTEX Gebiet vorgestellt.

NIEDERSCHLAG UND VERDUNSTUNG UEBER DER OSTSEE - 1 JAHR MESSUNGEN UND SIMULATIONEN

Barbara Hennemuth, Daniela Jacob, Deutschland

Waehrend PEP in BALTEX wurden zur Bestimmung des Niederschlags und der Verdunstung ueber der Ostsee fuer ein Jahr (September 1998 bis August 1999) Modellsimulationen und Messungen durchgefuehrt. Die Messungen von Niederschlag und turbulenten Fluessen am Boden fanden an Insel- und Kuestenstationen statt, die einen grossen Windrichtungsbereich mit ungestoerter Seeanstroemung haben und unter diesen Bedingungen als maritime Stationen angesehen werden koennen. Die Simulationen wurden mit den atmosphaerischen Regionalmodell Remo durchgefuehrt, wobei fuer die Langzeitsimulation die Parametrisierungen des Europamodells des Deutschen Wetterdienstes verwendet wurden. Detaillierte Vergleiche von Messungen und Modellergebnissen zeigen zwar Defizite sowohl bzgl. der Lage der Messstationen als auch bzgl. der Anwendung des Modells im Kuestenbereich, aber keine systematischen Abweichungen.

Im Jahresverlauf zeigen Messungen und Simulationen uebereinstimmend grosse Verdunstung ueber der Ostsee im Herbst und geringe Verdunstung im Fruehjahr und Sommer. Zum Jahresmittelwert traegt der Oktober mit mehr als 17% bei, der April nur mit etwas mehr als 1%. Die hoechsten Verdunstungswerte bis 350 W/m^{**2} im Tagesmittel treten bei Kaltluftausbruechen aus NE auf, wenn kalte, trockene Luft ueber das relativ warme Wasser gefuehrt wird.

Der Gesamtniederschlag fuer das ausgewaehlte Jahr faellt vor allem im Herbst mit einem Maximum im Oktober. Eine ausgepraegte N-S-Verteilung kann nicht festgestellt werden. Die vorherrschenden Niederschlagsregime im Sommer und im Winter unterscheiden sich. Eine Analyse der Korrelationslaengen zeigt im Sommer - besser: in der Jahreszeit mit warmen Wasser - mehr konvektive und im Winter mehr grossskalige Niederschlagsstrukturen. Dies laesst den Schluss zu, dass die Niederschlagsbestimmung ueber der Ostsee auf der Basis von Regenbeobachtungen, die sich ueberwiegend auf Kuestenstationen stuetzen, im Sommer und Herbst groessere Fehler aufweist als im Winter und Fruehjahr.

Die Modellsimulationen ergeben fuer das Jahr von September 1998 bis August 1999 eine mittlere Verdunstung E ueber der Ostsee von 590 mm, einen Jahresniederschlag P von 690 mm, folglich einen Nettoniederschlag $P-E$ von 100 mm, fuer die zentrale Ostsee (Baltic Proper) ergeben sich $E = 625 \text{ mm}$, $P = 682 \text{ mm}$ and $P-E = 57 \text{ mm}$. Das gewaehlte Jahr ist fuer den Ostseeraum etwas nasser als im klimatologischen Mittel (1961-1990, nach GPCC-Daten).

Die Variabilitaet der Ergebnisse von P , E und $P-E$ aus unterschiedlichen Modellen (Remo, Hirlam, PROBE Baltic, Interpolationsmodell aus Schiffsmessungen) ist sehr gross. Dies deutet auf gewisse Probleme der Modelle bei der Niederschlags- und Verdunstungsbestimmung hin. Fuer Remo lassen sich Verbesserungen erwarten, wenn das Atmosphaerenmodell mit einem Ozeanmodell gekoppelt wird und damit das Problem der vorgeschriebenen Wasseroberflaechentemperatur entfaellt. Ein Vergleich der simulierten Niederschlagsfelder mit nun verfuegbaren BALTRAD-Felder verspricht eine bessere Beurteilung der Niederschlagsresultate.

DAS KLIMA IM OSTSEERAUM - ERGEBNISSE REGIONALER KLIMABERECHNUNGEN

Daniela Jacob, Ralf Podzun, Deutschland

Das Klima des Ostseeraums ist durch den Gegensatz zwischen mildem Klima der mittleren Breiten im Süden und arktischem Einfluß im Norden bestimmt. In vielen Monaten dominieren Tiefdrucksysteme und führen somit zu einem hochgradig variablen Klima. Diese Komplexität stellt eine besondere Herausforderung für die regionale Klimamodellierung dar. Realitätsnahe Simulationen auf Raumskalen von wenigen 10 Kilometern bis hin zu Hunderten von Kilometern und für Zeitskalen von wenigen Stunden bis hin zu Dekaden sind notwendig, um geschlossene Wasser- und Energiekreisläufe im Ostsee Einzugsgebiet zu beschreiben. Der Vergleich regionaler Klimamodellergebnisse für einen Zeitraum von ca. 1980 bis 2000 mit Beobachtungen zeigt die Leistungsfähigkeit eines Modells.

Mit dem regionalen Klimamodell REMO wurden zwei langjährige Klimasimulationen für das Ostseegebiet durchgeführt. Re-Analysedaten des ECMWF dienen als lateraler Randantrieb für zwei Simulationen mit 0.5° horizontaler Auflösung. Da die Modellrechnungen mit ein und demselben Programmcode durchgeführt wurden, unterscheiden sie sich nur durch die verwendeten Darstellungen der physikalischen Prozesse. Zum Einen wurde das Schema des Europamodells verwendet, zum Anderen das des globalen Klimamodells ECHAM4. Hierdurch wird die Unsicherheit des Ergebnisses in Abhängigkeit von den gewählten Parameterisierungen deutlich. Die Frage, ob systematische Abweichungen erkennbar sind oder ob sich diese Unterschiede im langjährigen Mittel wieder *ausgeglichen* wird diskutiert.

Dem gegenüber steht die Frage der horizontalen Auflösung. Welchen Einfluß hat eine höhere horizontale Auflösung auf Klimamittel? Gibt es einen Informationsgewinn in den Mittelwerten oder *nur* in der horizontalen Verteilung? Wie werden einzelne Ereignisse dargestellt und hat die Auflösung Einfluß auf extreme Situationen? Lohnt sich der Rechenaufwand? Um diese Fragen zu beantworten, wurde eine weitere Simulation auf einer Auflösung von 0.16° mit REMO unter Verwendung der Parameterisierungen der physikalischen Prozesse wie in ECHAM4 durchgeführt. Bodendruck, Temperatur und Geopotentiale werden ebenso wie Niederschläge und Abflüsse gegeneinander und mit Beobachtungen verglichen.

VALIDIERUNG DER WOLKENPARAMETRISIERUNG EINES REGIONALEN ATMOSPHÄRENMODELLS MIT ISCCP-SATELLITENDATEN VERGLEICH VON WOLKENEIGENSCHAFTEN

Insa Meinke, Deutschland

Zu den häufigsten Problemen von numerischen Atmosphärenmodellen zählt die schlechte Repräsentation von Wolken. Strahlungshaushalt und Wasserkreislauf zeigen starke Wechselwirkungen mit Wolkenprozessen. Diese Systeme zählen zu den wetterwirksamsten Komponenten atmosphärischer Prozesse. Mit ihrer Sensitivität gegenüber Wolken wird die Bedeutung einer korrekten Wiedergabe von Wolkenprozessen durch numerische Modelle deutlich. Sie zählt zu den wichtigsten Voraussetzungen für Verbesserungen im Bereich Wettersvorhersagegenauigkeiten und in der Verlässlichkeit von Klimaprognosen.

Im Rahmen des Weltklimaforschungsprogramms (WCRP) wird in einem der regionalen Unterprogramme von GEWEX, dem Baltic Sea Experiment (BALTEX) der Energie- und Wasserkreislauf über der Ostsee und ihrem Einzugsgebiet untersucht. Mit dieser Untersuchung soll durch eine Modellvalidierung hinsichtlich der Repräsentation von Wolken ein Beitrag für eine realitätsnähere Simulation des Energie- und Wasserkreislaufes im Ostsee-einzugsgebiet geleistet werden. Innerhalb von BALTEX wurden verschiedene Meßperioden durchgeführt, die in Verbindung mit numerischen Simulationen im Ostsee-einzugsgebiet standen. Eine dieser Periode ist PIDCAP (Pilot Study for Intensive Data Collection and Analysis of Precipitation) von August 1995 bis November 1995. Auf diesen Zeitraum beziehen sich auch die Studien dieser Untersuchung. Die numerischen Modellierungen wurden mit dem regionalen Atmosphärenmodell HRM (High Resolution Model) des Deutschen Wetterdienstes (DWD) durchgeführt. Es beinhaltet dieselbe Physik wie das operationell betriebene globale Wettersvorhersagemodell GME (Global Modell Ersatz) des DWD. Das HRM wird für diese Untersuchung mit einer Auflösung von $1/8^\circ$ ($\sim 14 \text{ km}^2$) im Vorhersagemodus betrieben. Zur Validierung werden Satellitendaten des internationalen Wolkenklimatologieprogramms ISCCP (International Satellite Cloud Climatology Program) verwendet. Von den verschiedenen Datenprodukten von ISCCP sind die DX-Daten aufgrund ihrer hohen räumlichen (30 km^2) und zeitlichen (3 h) Auflösung am besten für eine regionalskalige Modellvalidierung geeignet.

Bisher zeigt sich, daß der mit HRM simulierte totale Bedeckungsgrad im räumlichen und zeitlichen Mittel etwa 3,7 % höher ist als der aus Satellitendaten abgeleitete Bedeckungsgrad der ISCCP-DX Daten. Die Differenzen zwischen HRM und ISCCP Bedeckungsgrad weisen jedoch beträchtliche Variationen hinsichtlich des vertikalen Wolkenprofils auf. Während der simulierte Bedeckungsgrad in den hohen und tiefen Wolken-schichten im Mittel durch höhere Werte als der Bedeckungsgrad der ISCCP-Daten gekennzeichnet ist, zeigt sich in den mittelhohen Wolken-schichten, daß der Bedeckungsgrad aus HRM-Simulationen deutlich niedriger ausfällt als der Bedeckungsgrad aus ISCCP-Daten. Weitere Variationen der Differenzen treten im Tagesgang und mit dem jahreszeitlichen Wandel auf.

EINFLUß DER KOPPLUNG EINES WETTERVORHERSAGEMODELLS UND EINES HYDROLOGISCHEN MODELLS AUF DIE EVAPOTRANSPIRATION

Gisela Müller, Deutschland

Die Evapotranspiration stellt eine wesentliche Verbindung zwischen den Prozessen in der Atmosphäre und im Boden dar. Dabei hängt die regionale Verdunstung in starkem Maße von der räumlichen und zeitlichen Variation der Bodenfeuchte und der Bewölkung ab. Die Parametrisierung der Prozesse im Erdboden und die Modellierung seiner Wechselwirkung mit

der Atmosphäre werden üblicherweise mit Hilfe von SVAT -Modellen (Soil Vegetation Atmosphere Transfer Modell) durchgeführt. SVAT-Modelle haben gegenüber hydrologischen Modellen den Nachteil, daß sie die hydrologischen Prozesse im Boden u.a. wegen der Vernachlässigung des lateralen Wassertransportes z.T. nur unzureichend modellieren. Daher kann es insbesondere in extremen Wettersituationen zur Simulation von unrealistischen Bodenfeuchtefeldern kommen.

Um den Einfluß des Bodenwasserhaushaltes auf die Wettervorhersage, insbesondere auf die Verdunstung, zu untersuchen, haben wir das mesoskalige Wettervorhersagemodell Lokal-Modell (LM, Deutscher Wetterdienst) mit dem hydrologischen Modell TOPmodel based Land-Atmosphere-Transfere-Scheme (TOPLATS, Princeton University) gekoppelt. TOPLATS setzt sich aus einem hydrologischen und einem SVAT-Modul zusammen.

Beide Modelle rechnen mit der gleichen räumlichen Auflösung (1km) und mit gleichem Zeitschritt (10s). Die Zwei-Wege- Kopplung der beiden Modelle erfolgt über eine Schnittstelle, die die Parameter für das jeweils andere Modell aufbereitet, bereitstellt und die simultane Steuerung der Modelle übernimmt. Die Simulationen werden für ein Modellgebiet von ca. 12000 km², welches das Einzugsgebiet der Sieg (Nordrhein-Westfalen) umfaßt, durchgeführt. Für das Siegeinzugsgebiet wurde TOPLATS mit Hilfe von meteorologischen und hydrologischen Meßreihen kalibriert.

Erste Fallstudien zeigen im Vergleich zu Messungen, daß die zeitliche und räumliche Verteilung der latenten und sensiblen Wärmeflüsse mit TOPLATS aufgrund von realistischeren Bodenfeuchtefeldern deutlich besser simuliert wird als mit dem Original-LM. Modellrechnungen mit dem LM, bei denen die Bodenfeuchte mit von TOPLATS erzeugten Bodenfeuchtefeldern initialisiert wurde, simulieren aufgrund der veränderten Startbodenfeuchte realistischere Energieflüsse.

BALTEX: WAS HABEN WIR BISHER ERREICHT?

Ehrhard Raschke, Jens Meywerk, Deutschland

Die Vorbereitungen zum Baltic Sea Experiment (BALTEX) begannen bereits im Jahr 1992 mit dem Ziel in einem geschlossenen und grösseren Wassereinzugsgebiet, wie das der Ostsee, regional hochaufgelöst Wasser- und Energie-transporte in der Atmosphäre zu erfassen und mit diesen Daten Modelle zu verbessern. Dies führte zu international koordinierten Aktivitäten zur Sammlung von hydrometeorologischen Daten, zu Feldexperimenten über Land und auf der Ostsee und zur Entwicklung von Modellen, die Austauschprozesse am Erdboden inklusive des horizontalen Abflusses und auch die Ostsee wechselwirkend mit der Atmosphäre koppeln. Es mussten auch Organisationsstrukturen für BALTEX und dessen Einbindung in die Ziele des Globalen Energie- und Wasserkreislauf-Experimentes geschaffen und langfristig unterhalten werden.

Inzwischen beteiligen sich ca. 50 Arbeitsgruppen von Behörden, Universitäten und anderen Forschungseinrichtungen aus 14 europäischen Staaten an diesem Projekt. Sie erfahren dabei zusätzliche finanzielle Unterstützung aus nationalen und europäischen Quellen.

In dem Vortrag wird eine Zwischenbilanz der bisher erzielten Ergebnisse gezogen und auch ein Ausblick über geplante weitere Aktivitäten im Rahmen der Hauptperiode BRIDGE gegeben. Im Rahmen von BRIDGE (vom Oktober 2000 bis zum Dezember 2002 dauernd) sollen nicht nur intensive und verdichtete Routinemessungen erfolgen. Vielmehr sollen hier auch die Modelle über einen längeren Zeitraum getestet und gegebenenfalls verbessert werden.

BALTEX-Datensätze werden auch, wie diejenigen der parallel ablaufenden Schwesterexperimente im GEWEX, zur Verifikation von Klimadaten dienen, die aus den Messungen der neuen Satelliten, wie METEOSAT 2. Generation, ENVISAT, u.a., abgeleitet werden.

BALTEX wird etwa im Jahr 2005 beendet sein. Die verbesserten Prozesskenntnisse und Modelle sollen auf andere Regionen mit ähnlichem Klima übertragen werden.

BEDEUTUNG DER EISTEILCHENEIGENSCHAFTEN IN PARAMETRISIERUNGSMODELLEN DER WOLKENMIKROPHYSIK

Thorsten Reinhardt, Ulrike Wacker, Deutschland

Parametrisierungen der Wolkenmikrophysik erfordern eine Vielzahl von Modellannahmen. In den gängigen Verfahren vom Kessler-Typ zur Behandlung von Mischwolken beschränkt man sich auf wenige Klassen von Eisteilchen, deren Eigenschaften vorzugeben sind. Hierzu gehören die Zusammenhänge zwischen Masse und Größe und zwischen Fallgeschwindigkeit und Größe, für die aus Messungen abgeleitete Zusammenhänge benutzt werden. In diesem Beitrag werden verallgemeinerte Parametrisierungsgleichungen für die wolkenphysikalischen Umwandlungsraten für Bereifen, Deposition und Schmelzen bzw. den Sedimentationsfluß abgeleitet und auf spezielle Typen von Eisteilchen angewendet. Gibt man beispielsweise unbereifte bzw. bereifte Niederschlags-Eisteilchen vor, differieren als Folge unterschiedlicher Eisteilchentypen die Werte der Umwandlungsraten um etwa einen Faktor Zehn. Anhand von Studien mit dem Lokal-Modell des DWD wird gezeigt, daß sich diese Unterschiede auf die simulierte Entwicklung wolkenphysikalischer Größen auswirken und zu signifikanten Änderungen z. B. im Bodenniederschlag führen können.

DAS MEEREIS IN DER EISRANDZONE DER OSTSEE UND SEIN EINFLUSS AUF DIE ATMOSPHERISCHEN TURBULENTEN IMPULS-, WÄRME- UND FEUCHTEFLÜSSE

David Schröder, Burghard Brümmer, Agathe Kerber, Deutschland, Timo Vihma, Finnland

Während des Feldexperimentes BALTEX-BASIS (Baltic Air-Sea-Ice Study) wurden über der Eisrandzone des Bottnischen Meerbusens im Februar/März 1998 sechs Missionen mit dem Forschungsflugzeug Falcon durchgeführt. Messungen der Albedo und der Oberflächentemperatur auf zahlreichen Niedrigflugabschnitten (10 - 30 m über NN) ermöglichen eine detaillierte Erfassung und Interpretation der Eissituation. Unter den angetroffenen Bedingungen nimmt das Meereis alle Albedowerte von 0.2 bis 0.85 an, Graueisgebiete mit einer Albedo um 0.4 und deutlich höherer Oberflächentemperatur als die von Weißeis (Albedo > 0.7) treten häufig auf. Das führt zu unterschiedlichen Werten der Eisbedeckung, je nachdem, ob die Albedo oder die Oberflächentemperatur zur Bestimmung herangezogen wird. Die gleichzeitig gemessenen turbulenten Wärme- und Feuchteflüsse weisen eine Abhängigkeit von der Oberflächentemperatur als auch erstaunlicherweise von der Albedo auf.

Unter Anwendung der Monin-Obukhov-Theorie werden effektive Rauigkeitslängen für den Austausch von Impuls z_0 , Wärme z_T und Feuchte z_q berechnet. Die Ergebnisse zeigen, daß das mittlere z_T mit $3 \cdot 10^8$ m um vier Größenordnungen kleiner als das mittlere z_0 und um eine Größenordnung kleiner als das mittlere z_q ist. Die daraus resultierenden auf 10 m reduzierten Transferkoeffizienten nehmen Werte von $C_{DN} = 1,6 \cdot 10^{-3}$, $C_{HN} = 0,9 \cdot 10^{-3}$ und $C_{EN} = 1,1 \cdot 10^{-3}$ an. Das Verhältnis der beiden Rauigkeitslängen z_0 und z_T für durchbrochenes Meereis kommt dem für heterogene Landoberflächen (vgl. Beljaars und Holstlag, 1991 oder Mahrt und Ek, 1993) nahe. Eine neue Parameterisierung für z_T in Abhängigkeit von z_0 und der Eisbedeckung wird angegeben. Weitere Flugzeugmessungen in der Eisrandzone des Bottnischen Meerbusens werden im Februar 2001 im Rahmen von DEKLIM/BALTEX durchgeführt. Erste Ergebnisse werden präsentiert.

ENTWICKLUNG VON NIEDERSCHLAGSPROFILIEN UNTER DER WIRKUNG DER SEDIMENTATION

Axel Seifert, Ulrike Wacker, Deutschland

Der Beitrag bezieht sich auf die parametrische Beschreibung der Wolkenmikrophysik in numerischen Prognosemodellen; und zwar werden die Auswirkungen einiger Parametrisierungsannahmen der gängigen Schemata vom Kessler-Typ auf die Modell-Lösungen der Niederschlagsprofile geklärt. Im Vordergrund steht der Aspekt der Behandlung der Sedimentation von Regentropfen.

Hierzu werden Lösungen der (entsprechend approximierten) Bilanzgleichungen für spezielle Momente des Tropfenspektrums für Modelle mit Ein- bzw. Zwei-Momenten-Parametrisierungen und einem Referenzmodell auf der Basis der detaillierten Behandlung der Sedimentation abgeleitet. Die jeweiligen Lösungen zeigen signifikante Unterschiede in der Entwicklung der Vertikalprofile des Regenwassergehaltes. So können sich in den parametrisierten Modellen u.a. Stoss- und Verdünnungswellen bilden, während die Referenzlösung glatte Profile beschreibt. Die Ursache dieser Unterschiede wird diskutiert. Die abweichenden Entwicklungen der Konzentrationsprofile haben zur Folge, dass sich auch der zeitliche Verlauf des Bodenniederschlags für die einzelnen Modelle erheblich unterscheidet.

OVERVIEW OF THE MESOSCALE ALPINE PROGRAMME (MAP)

Phillipe Bougeault, Frankreich

FÖHNMODELLE IM LAUFE DER ZEIT

B. Dürr, H. Richner, Schweiz

Seit Menschengedenken schon erhitze die Frage nach dem Ursprung und Wesen des Föhns die Gemüter der Bewohner des Alpenraums. So war es nicht weiter erstaunlich, dass die Föhnforschung von Anfang an zu einem wichtigen Thema der noch jungen Wetterdienste in Oesterreich, in der Schweiz und auch in Deutschland avancierte. Die Föhnforschungsgeschichte im Alpengebiet verlief sehr abwechslungsreich. Im Laufe der Zeit entstanden eine Vielzahl von Modellen, Hypothesen und Theorien zur Entstehung der Föhnströmung und der damit verbundenen charakteristischen Prozesse. Einige Modelle blieben in der Föhnforschung verankert, andere wiederum gerieten in Vergessenheit. In Anbetracht modernster Föhnforschung im Rahmen des Mesoscale Alpine Program (MAP) erschien die Gelegenheit günstig, einen Rückblick zu wagen und eine möglichst umfassende Uebersicht aller Föhnmodelle im Alpenraum der letzten 150 Jahre zusammenzutragen. Damit wollen wir dazu beitragen, dass längst bekanntes Wissen über den Föhn im Alpenraum von neuem kritisch hinterfragt werden kann.

In unserer Präsentation stellen wir in einem ersten Teil in chronologischer Reihenfolge die einzelnen Föhnmodelle und deren Verfechter vor. Wir gehen dabei auf die wichtigsten Aussagen und Inhalte der einzelnen Modelle oder Konzepte ein. Einige wichtige föhnrelevante Arbeiten aus der Zeit zwischen dem Auftreten neuer Modelle, wie etwa Resultate aus empirischen Messungen oder Uebersichtsliteratur zu Föhn, sollen ebenfalls kurz angesprochen werden.

Im zweiten Teil versuchen wir die Relevanz und Akzeptanz der einzelnen Föhnmodelle im Laufe der Föhnforschungsgeschichte abzuschätzen. Dies geschieht von einer historischen Warte aus gesehen. Wir zitieren die Aussagen von verschiedenen Föhnforschern, die sich im teilweise leidenschaftlichen Wettstreit über die "wahre" Föhntheorie mit anderen Exponenten der Föhnforschung befanden. Wir möchten auch zeigen, welche Modelle sich in einer breiteren Oeffentlichkeit schlussendlich durchgesetzt haben. Als Stichwort hierzu sei die Schulliteratur genannt. Die Beantwortung der Frage, ob das Föhnbild in den Schulbüchern und in den Köpfen vieler Menschen noch mit den neuesten Erkenntnissen der Föhnforschung in Einklang zu bringen ist, wird vielleicht nach der Auswertung der Resultate vom MAP möglich sein. Dann kann der Geschichte der Föhnforschung ein weiteres Kapitel hinzugefügt werden.

EINFLUSS DES FÖHNS AUF DIE OZONBELASTUNG IM ALPINEN RHEINTAL - ERGEBNISSE DES MAP EXPERIMENTES

Kathrin Baumann, Martin Piringer, Gabriele Rau, Ulrike Pechinger, Österreich

Im Rahmen der MAP Messkampagne von 7. September bis 15. November 1999 wurden neben umfangreichen meteorologischen Messungen im alpinen Rheintal Ozonmessungen mit Flugzeugen, mit einem Fesselballon und einer Ozonsonde an der Pfänder Seilbahn in Bregenz durchgeführt. Südföhn war in diesem Zeitraum überdurchschnittlich oft, insgesamt an 28 Tagen, vorherrschend. Südföhn führt in dieser Region häufig zu einem Anstieg der Ozonkonzentrationen im Tal. Zwar sind die Maximalwerte bei Föhnereignissen üblicherweise geringer als an Sommertagen mit hoher photochemischer Ozonproduktion, doch über das Jahr gesehen tragen erhöhte Ozonwerte bei Föhnereignissen zu der Gesamtbelastung an Ozon bei. Aufgrund der geringen Luftfeuchte und niedriger Konzentrationen an Primärschadstoffen in der Föhnströmung ist zu erwarten, dass das Ozon während des Transports über die Alpen kaum abgebaut wird. Die Ozonmessungen werden daher in der vorliegenden Studie zur Unterscheidung zwischen Föhnluft und "alter" Grenzschicht im Tal verwendet. Es wird weiters versucht, Rückschlüsse auf die Herkunft dieser Ozonkonzentrationen zu ziehen.

Während des letzten sommerlichen Föhnereignisses, am 15. September 1999, wurden an den Bodenstationen des Luftgütemessnetzes im Rheintal Ozonkonzentrationen um 70 bis 90 ppb gemessen. Während der herbstlichen Föhnepisoden treten im Tal deutlich geringere Konzentrationswerte um 40 ppb auf, was dem klimatologischen Mittel der Ozonkonzentration an Bergstationen des Alpenhauptkammes, z.B. am Jungfraujoch (3580 m ü.M.) zu dieser Jahreszeit entspricht. Neben der geringeren Hintergrundkonzentration und geringerer photochemischer Produktionsraten, sind die geringeren Ozonwerte an den Talstationen im Herbst auch dadurch zu begründen, dass um diese Jahreszeit vor allem im Bereich des Bodensees häufig ein Kaltluftsee das Durchgreifen der Föhnströmung bis zum Talboden verhindert.

Die zeitlich sehr variable, häufig wellige Grenzfläche zwischen dieser bodennahen, kalten und ozonarmen Grenzschicht und der darüber liegenden ozonreicheren Föhnluft ist in den Profilmessungen an der Seilbahn sowie in den Fesselballonsondierungen deutlich zu sehen. Es zeigt sich, dass die Erfassung dieser Inversionsschicht und ihrer zeitlichen Entwicklung für die Vorhersage eines Föhndurchbruchs ganz entscheidend ist.

Durch die Berechnung von Rückwärts-Trajektorien auf Basis dreistündiger EZMW Analysen wird auf die Herkunft der Föhnluft geschlossen. Während der längsten MAP Föhnperiode, zwischen dem 19. und 24. Oktober 1999, wurde Ozon aus 1 bis 1,5 km Höhe über der Po Ebene über die Alpen transportiert. Fesselballonaufstiege im Piemont und Flugzeugmessungen von Mailand bis zum Bodensee zeigen, dass es sich hier nicht um lokal produziertes Ozon handelt, sondern um Luftmassen der unteren und mittleren freien Troposphäre, welche durch gealterte stratosphärische Intrusionen sowie durch Transport aus der Grenzschicht mit Ozon angereichert wurden.

VERTIKALWINDE UND SCHWEREWELLEN IN EINEM FOEHN TAL – FALLSTUDIEN MIT SZINTILLOMETERN UND MIKROBAROGRAPHEN WAHREND MAP-FORM

M. Furger, S. Gubser, F. von Arx, Schweiz

Die ‚Föhn-im-Rheintal-während-MAP‘ (FORM) Kampagne fand im Herbst 1999 als Subprogramm des Mesoscale Alpine Programme (MAP) statt und hatte zum Ziel, die Kenntnisse über die instationären Aspekte der Föhnströmungen zu verbessern. Föhnströmungen zeichnen sich unter anderem dadurch aus, dass sie markante Vertikalkomponenten der Windgeschwindigkeit aufweisen. Diese Vertikalkomponenten werden induziert durch lokale topographischen Gegebenheiten, welche Leewellen auslösen und verstärken können. Daneben spielt auch die durch Hindernisse in der Strömung (Berge!) erzeugte Turbulenz eine Rolle.

FORM bot die Möglichkeit, diese Phänomene mit einem dichten Netz von verschiedenen Messsystemen zu untersuchen. Dabei standen neben in-situ Messungen mit Flugzeugen auch mehrere Fernerkundungsgeräte (Sodar, Lidar, Windprofiler, Szintillometer) im Einsatz. Die Querwind-Szintillometer registrierten die horizontalen und vertikalen, über den gesamten Lichtpfad gemittelten Windkomponenten quer zu den Lichtpfaden. Beim gegebenen Aufbau entsprach dies einigermassen den talparallelen und den vertikalen Winden. Die zeitliche Auflösung betrug rund 7 s. Die Szintillometer waren von Mitte September bis Mitte November ohne Unterbruch (ausser für Wartungsarbeiten) in Betrieb. Die Mikrobarographen sammelten, ebenfalls ohne Unterbruch, Daten an den Standorten der ANETZ-Stationen (automatisches Messnetz der MeteoSchweiz) Vaduz, Quinten und Altenrhein. Sie zeichneten die Druckschwankungen mit einer Abtastrate von 1 Hz auf.

Die Ergebnisse sind – nicht unerwartet – ziemlich komplex. Die Vertikalkomponenten erreichten Werte von bis zu 10 m/s und waren teilweise über Stunden stationär. Diese Stationarität der Wellenmuster verdeutlicht den vorherrschenden Einfluss der Topographie. Die Wellenamplituden in den untersuchten Fällen waren stark abhängig von der Höhe über Grund, mit einer generellen Tendenz zu stärkerer Ausprägung in geringerer Höhe. Der zeitliche Verlauf der Druckschwankungen zeigte kein einheitliches Bild für die verschiedenen Föhnfälle, wobei sich die Periodizität der vorherrschenden Wellen immer in etwa der gleichen Bandbreite befand. Weiter konnten die bei Messungen im Mittelland typischen Druckschwankungen mit einer Periode von 300 - 400 s, welche vor einem Durchbruch des Föhns vorherrschen, nicht nachgewiesen werden. Die erwähnten Druckschwankungen werden durch Wellen erzeugt, welche als Schwerewellen infolge der starken Windscherungen in der internen Grenzschicht zwischen Föhn und Kaltluft entstehen. Die Korrelationen zwischen den Vertikalkomponenten und dem Mikrobarographensignal zeigten keine eindeutigen Hinweise auf Wellenaktivität. In den Energie-Spektren fehlten deutliche Spitzen bei den erwarteten Frequenzen von einigen Minuten, obwohl in den Szintillometermessungen zeitweise quasiperiodische Windgeschwindigkeitsschwankungen zu erkennen waren.

KONTINUIERLICHE WIND-TEMPERATURSONDIERUNGEN MIT EINEM MOBILEN RADAR-RASS SYSTEM WÄHREND DES MAP-FELDEXPERIMENTS

Siegfried Vogt, Deutschland

Das Institut für Meteorologie und Klimaforschung Karlsruhe (IMK) betreibt seit 1995 einen mobilen Grenzschichtprofiler. Es handelt sich dabei um ein FM-CW-RADAR mit bistatischer Anordnung der Sende- bzw. Empfangsantennen und einer Frequenz von 1,29 GHz, das mit einer Schallquelle zu einem RASS (Radio-Acoustic-Sounding-System) erweitert wurde. Das Schallsignal ist wie das RASS-Signal in fünf Strahlrichtungen schwenkbar. Damit erfolgt die Windbestimmung in Clear-Air Kanal und im RASS Kanal redundant bei gleichzeitiger Temperaturmessung.

Das Wind-Temperatur-RADAR (WTR) ist ein vielseitiges Forschungsgerät, da es kontinuierlich Messungen mit hoher räumlicher und zeitlicher Auflösung über einen großen Höhenbereich erlaubt. Neben mittleren Größen der Wind- und Temperaturprofile können mit dem WTR auch Fluktuationen des Vertikalwindes und der Temperatur mit 0,1 Hz gemessen werden.

Während der Intensivmessphasen von MAP war das WTR für 2,5 Monate 22 km südlich des Bodensees in der Rheintalmitte im Einsatz. Die eingestellten Betriebsparmeter wie Reichweite in die Höhe, Höhenauflösung und zeitliche Auflösung waren so, daß für 20 Höhenschichten à 60 m Schichtdicke 1-minütige Wind- und Temperaturprofile abgeleitet werden konnten. Damit ist es möglich den mittleren Zustand der Atmosphäre sowie Änderungen vom Talgrund bis über die Bergkämme hinaus darzustellen und zu untersuchen.

Beispielhaft werden zwei meteorologische Phänomene hinsichtlich ihrer zeitlichen Entwicklung näher untersucht:

1. Berg-Talwindssystem während einer mehrtägigen Hochdruckwetterlage

Die gleichzeitige Kenntnis der Wind- und Temperaturfelder zeigte das Einsetzen des Talwindes morgens zwischen 8 und 11 UTC, während das Ende meist abrupt gegen 19 UTC erfolgte. Der Talwind erreicht im Mittel eine Schichtdicke von 1200 m. An klaren Strahlungstagen mit nahezu idealer sinusförmiger Temperaturkurve wächst diese Schicht auf 1600 m an. Meist ist die Windgeschwindigkeit bei Talwind deutlich erhöht.

2. Südföhnereignisse

Mit dem WTR wurde während MAP an 18 Tagen Südföhn gemessen. Besonders interessant sind zwei Ereignisse, bei denen sich die Föhnluft nur sehr langsam bis zum Talboden durchsetzte. Dank der zeitlich und räumlich fein aufgelösten Wind- und Temperaturdaten konnte für dieses Herabsteigen die Geschwindigkeit zu 30 m bzw. 50 m pro Stunde bestimmt werden.

Darüber hinaus ermöglichen die 1-min. Zeitreihen der Vertikalbewegungen für alle Föhnfälle interessante Turbulenzuntersuchungen.

ERSTMALIGE MESSUNG TROPOSPHÄRISCHER WINDFELDER MIT DEM FLUGZEUGGETRAGENEM DOPPLER-LIDAR WÄHREND MAP

Oliver Reitebuch, Christian Werner, Hans Volkert, Deutschland
Patricia Delville, Pierre H. Flamant, Alain Dabas, Evelyne Richard, Frankreich

Erstmals wurde während des Mesoscale Alpine Programme MAP das Windfeld mit einem flugzeuggetragenen Doppler-Lidar sondiert. Messungen des Profils des Windvektors können mit diesem neuen Sensor mit einer vertikalen Auflösung von 250 m und einer horizontalen Auflösung von etwa 10 km in einem großen Bereich der Troposphäre durchgeführt werden. Das Doppler Lidar wurde im Rahmen des deutsch-französischen Projekts WIND (Wind Infrared Doppler Lidar) entwickelt und für den Einsatz auf der DLR Falcon 20 aufgebaut. Ein aus einem Bodenfenster im Flugzeug ausgesandter Laserstrahl einer Wellenlänge von 10,6 μm wird in der Atmosphäre an Aerosolen zurückgestreut und mit einem Teleskop empfangen. Der ausgesandte Laserpuls erfährt eine Wellenlängenänderung aufgrund des Doppler-Effekts, da die zurückstreuenden Aerosole mit dem Wind mitbewegt werden. Diese Frequenzänderung wird durch ein Heterodyne-Verfahren analysiert und zur Bestimmung der Geschwindigkeitskomponente in Richtung des ausgesandten Laserstrahls benutzt. Zur Erfassung des dreidimensionalen Windvektors wird die Atmosphäre mittels eines konischen Scans abgetastet.

Während zweier MAP-Flüge im Oktober 1999 über die Alpen wurde die Struktur der großräumigen Strömung bis in einer Höhe von 8 km erfaßt. Details des Windfeldes oberhalb des Brenner-Paß und in größeren Alpentälern (Inntal, Etschtal) konnten mit den Messungen aufgelöst werden. Während über den Alpen nur geringe Windgeschwindigkeiten vorherrschten, war der nördliche Teil Deutschlands von einer starken Nord-West-Strömung bestimmt. Diesen Nord-Süd-Gradienten im Windfeld zu bestimmen, gelang bei Messungen auf einem Flug Richtung Berlin. Dabei konnte der Rand eines Jets im Bereich der Tropopause mit Windgeschwindigkeiten bis 50 ms^{-1} erfaßt werden. Beim Überflug des Windprofilers Lindenberg des DWD ergab sich eine Abweichung zwischen beiden Geräten von 1,8 m/s oder 3,5% und 5 Grad für horizontale Windgeschwindigkeit und -richtung. Ergebnisse dieser Messungen und Vergleiche mit Simulationen zweier regionaler Wettervorhersagemodelle (DWD-Lokalmodell und französisches Meso-NH) werden präsentiert.

QUALITÄTSKONTROLLE UND ANALYSE VON BEOBACHTUNGSDATEN

Inga Groehn, Reinhold Steinacker, Christian Häberli, Wolfgang Pötschacher,
Matthias Ratheiser, Manfred Dorninger, Österreich

Am Institut für Meteorologie und Geophysik der Universität Wien wurde eine mathematische Methode entwickelt, mit der sich sowohl eine Qualitätskontrolle als auch eine Analyse von unregelmäßig verteilten Daten machen läßt. Sie basiert auf einem Variationsansatz, der mit einem lokalen "thin-plate-spline" -Algorithmus vergleichbar ist. Das Verfahren wird bereits operationell verwendet.

Die Vorteile der Methode sind, daß weder ein sogenannter "First Guess" oder ein Prognosefeld noch a priori Wissen über die statistische Struktur des zu interpolierenden Feldes notwendig ist. Wenn man hingegen eine Datenassimilation durchführt, um z.B. die im Modell verwendeten Skalierung aufzulösen, benötigt man Hintergrundwissen.

Nutzt man die Methode zur Datenqualitätskontrolle, so wird der Meßwert in der Form korrigiert, daß er einen für die entsprechende lokale/ regionale Stationsdichte repräsentativen Wert darstellt. Bei einer statistischen Auswertung wird zwischen "Einzelfehler" und "systematischem Fehler" unterschieden. Einzelfehler für den aktuellen Termin können z.B. durch unsachgemäße Handhabung der Meßinstrumente, falsche Ablesung, fehlerhafte Instrumente, oder fehlerhafte Übertragung oder Dekodierung verursacht werden. Zur Bestimmung der systematischen Abweichungen müssen die Stationsmessungen bzw. die Einzelfehler über einen längeren Zeitraum beobachtet und statistisch ausgewertet werden. Die in den Meßdaten vorhandene Subskala wie Wärmeinseleffekte können für die Charakteristik einer Station verwendet werden. Insgesamt bekommt man durch die Anwendung dieser Methode einen (auch länderübergreifenden) homogenen Datensatz.

Die bisher in der Praxis untersuchten Parameter sind der auf Meereshöhe reduzierte Druck, die potentielle Temperatur, die Feuchtigkeit (als Differenz zwischen der äquivalent potentiellen und potentiellen Temperatur) und die horizontalen Komponenten des Bodenwindes von Stationen unterhalb von 750 m. ü. M. im Alpenraum.

Anhand von Beispielen sollen neben einer kurzen Einführung, Ergebnisse der Datenqualitätskontrolle durch diese Methode vorgestellt und erläutert werden.

REKONSTRUKTION DER RÄUMLICHEN TURBULENZSTRUKTUR ALPNER HANGWINDE AUS PROFILMESSUNGEN MIT ULTRASCHALL ANEMOMETERN

Andreas Christen, Eva van Gorsel, Roland Vogt, Schweiz, Andrea Pitacco, Italien

Im Rahmen des MAP-Riviera Projektes (Prozesse der planetaren Grenzschicht in einem alpinen Tal) wurden umfangreiche Energiebilanz- und Turbulenzmessungen über zwei Monate zwischen August und Oktober 1999 durchgeführt (Rotach et al., 2000). Das Projekt fand im 2 km tiefen, alpinen Riviera-Tal statt, zwischen Bellinzona und Biasca (Tessin, Schweiz). An der präsentierten Station „Monte Nuovo“ wurden mikrometeorologisch relevante Grössen an einem 22 m hohen Messturm in und über einem Laubwald mit 35° Hangneigung erfasst. Der Messturm war unter anderem mit einem Profil aus sechs Ultraschall Anemometern (Sonics) bestückt, die normal zum Hang montiert wurden.

Es werden verschiedene Methoden zur Rekonstruktion und zur Visualisierung der Hangwinde und der damit verknüpften räumlichen, kleinskaligen Turbulenzstruktur präsentiert. Basierend auf der Taylor-Hypothese und deren Einschränkungen wird die räumliche Struktur des Temperaturfeldes unter Situationen mit schwacher Turbulenz aus dem synchronisierten Profil aller sechs Sonics zurückgerechnet. Die Resultate werden zusammen mit Methoden der Spektralanalyse quantifiziert. Die räumliche Auflösung des Temperaturfeldes wird erhöht durch Kopplung der Sonic-Daten mit einem Profil aus 18 Thermoelementen (1 Hz). Es werden einfache Zeit zu Höhen Darstellungen und aufwendigere 3D-Rekonstruktionen vorgestellt. Bei den 3D-Rekonstruktion werden aus den gemessenen Trajektorien zeitabhängige räumliche Schnitte erstellt und zu Animationen der dynamischen Abfolge von Einzelereignissen der Turbulenz zusammengefügt.

Die Turbulenzstruktur am Hang zeichnet sich durch eine Interaktion zwischen verschiedenen Prozessen aus d.h. Talwinde und Hangwinde beeinflussen die Turbulenzstruktur in verschiedenen räumlichen und zeitlichen Skalen (van Gorsel, 2000; Vogt, 2000). Die Rekonstruktionen zeigen, dass die Tagsituation von kurzlebigen (< 30 sec) thermischen Strukturen dominiert ist, die im turbulenten Hangaufwind über dem Bestand und speziell innerhalb des Stammraumes aufwärts transportiert werden. Die nächtlichen Rekonstruktionen zeigen einen persistenten Kaltluftabfluss innerhalb des Stammraumes, der äusserst geringe Variationen in Geschwindigkeit und Richtung aufweist. Periodisch wird Warmluft durch „Injections“ von der turbulenteren Strömung über dem Bestand in den Kaltluftabfluss heruntergemischt. Die Strömung über dem Bestand weist charakteristische Wellen auf, verbunden mit einem Wechsel der Windrichtung von hangabwärts auf hangaufwärts und daraus resultierenden Veränderungen im räumlichen Temperaturfeld. Die beobachteten Wellen haben eine Grössenordnung von 15 bis 20 min.

Rotach M. W., P. Calanca, R. Vogt, D. G. Steyn, G. Graziani and J. Gurtz (2000a): The turbulence structure and exchange processes in an alpine valley: the MAP-Riviera project. *14th symposium on boundary layer and turbulence, Aspen CO.* 380-383.

van Gorsel E., A. Christen, E. Parlow and R. Vogt (2000): Micrometeorological measurements at an alpine slope. *14th symposium on boundary layer and turbulence, Aspen CO.* 386-387.

Vogt R., A. Christen, C. Feigenwinter, E. van Gorsel, E. Parlow and A. Pitacco (2000a): Coupling of turbulence in and above a forest at a steep slope during nighttime. *24th conference on agricultural and forest meteorology, Davis, CA.*

A NEW GENERATION OF QUALITY CONTROL TOOLS FOR METEOROLOGICAL DATA AT METEOSWISS

Estelle Grüter, Ursula Küng, Peter Mumenthaler, Josefa Mettler, Marco Bassi, Thomas Konzelmann, Rudolf Dössegger, Mario Rohrer, Urs Steinegger, Patricia Handschin, Daniela Lorenzi, Christian Häberli, Schweiz

During the last few years MeteoSwiss has developed a new generation of quality control tools. The checking logic follows the recommendations of WMO. Additional tests were added to take into account the particularities of Alpine weather (e.g. Foehn, strong cold air pools). Station specific percentiles for each month are used as the threshold values for limit checks. The thresholds were recalculated from long time series of high temporal resolved data (usually 10 minute data).

The quality control tools are distributed in several modules, in order to check data as close as possible to the data source and to put at the users disposal checked data as quickly as possible. The first module in the data production chain checks interactively the input of the observer at the classical climatological stations. The next modules in the chain act without user interaction, flag suspicious data and attempt to correct obvious errors automatically. The most complex module allows interactive checking and correction of actual as well as historical data. This concept allows to have different levels of quality according to the customers needs.

In order to assure that all modules use the same set of tests and limits, the core of the system is implemented as a server process which is used by the modules running on the computer systems at MeteoSwiss' headquarters. All modules use a unified flagging procedure consisting of the 'plausibility information' (a bitmap indicating the test violations) a 'treatment information' (indicating the correction if one was applied) and the 'time series state' (indicating the quality level of the data).

The paper will give an overview of the concept along with information of the performance of the individual modules. Emphasis will be on the interactive module. Ist capabilities will be illustrated with examples showing typical problems of quality control of meteorological data in an Alpine area.

IST DIE FÖHNTHEORIE REVISIONSBEDÜRFTIG?

S. Gubser, H. Richner, Schweiz

Seit bald 150 Jahren wird versucht, den Geheimnissen des Föhns auf die Spur zu kommen. Zu den ersten, welche sich diesem Thema widmeten, gehörte der Physiker Julius Hann. 1866 stellte er in Wien seine Theorie vor, in welcher er den Föhnwind mit der adiabatischen Zustandsänderung erklärte. Bis heute entstanden eine Vielzahl von Theorien zur Entstehung der Föhnströmung: Solenoidtheorie, Aspirationstheorie, Blocking-Theorie, thermodynamischer Föhneffekt und die Theorie vom Übergang der fließenden in schießende Strömung, um nur einige zu nennen.

Um weitere Erkenntnisse über den Föhn zu sammeln, wurden im Rahmen von FORM (Föhn im Rheintal während MAP) vom 7. September 1999 bis am 15. November 1999 Messungen vom Alpenhauptkamm (Julierpass) bis nördlich des Bodensees (Raum Lindau) durchgeführt. Das Projekt sollte es ermöglichen, die Entwicklung des Föhns und insbesondere die Mechanismen, welche diese Entwicklung beeinflussen, zu dokumentieren. Ein Schwerpunkt bildete die Analyse des Föhndurchbruchs bis zum Talgrund, im Speziellen die Frage, wie der sogenannte Kaltluftsee im Tal ausgeräumt wird. Kuhn (1989) bemerkte zu den Kaltluftseen, dass sie das Salz und Pfeffer des Föhnmenüs in den Alpentälern seien. Das heisst aber nicht, dass sie eine notwendige Voraussetzung für Föhn sind. Zur Erosion des Kaltluftsees machen übrigens die oben genannten Föhntheorien keine genauen Aussagen. Einzig die Frage nach den Auswirkungen des Zusammentreffens von Föhnluft und stabiler Kaltluft in den Tälern wurde zum Teil untersucht.

Mit den während der MAP Special Observing Period gesammelten Daten wurde die zeitliche und räumliche Entwicklung des Föhns vom Beginn der Südströmung über den Alpen bis zum Zusammenbruch des Föhns analysiert. Um einen Überblick zu gewinnen, untersuchte man zuerst die Verläufe der verschiedenen meteorologischen Parameter an über 40 Bodenstationen. Mit Hilfe dieser Daten konnten während der Messperiode 12 Föhnfälle identifiziert werden. Bereits die Bodendaten deuten darauf hin, dass die einzelnen Fälle im Ablauf und Fortbestehen des Föhns verschiedene Strukturen aufweisen. Eine Klassifikation der Föhnfälle muss mit Hilfe weiterer Messdaten, zum Beispiel Radiosondierungen, vorgenommen werden, und die beeinflussenden Mechanismen der Föhnentwicklung, wie Schwerewellen, bedürfen weiterer Untersuchungen. Die Bodenstationen zeigen weiter auf, dass der Föhn nicht direkt und sukzessiv vom Alpenhauptkamm her in die Täler absteigt, sondern erst weiter nördlich das erste Mal den Talboden erreicht.

Eine Entscheidung, ob die bestehenden Föhntheorien um eine Theorie erweitert werden müssen oder ob eine Kombination der Theorien die verschiedenen Mechanismen im Rheintal beschreiben kann, ist beim jetzigen Auswertungsstand der Daten noch nicht möglich. Bereits durchgeführte Analysen zeigen aber, dass zumindest bei einigen Theorien Anpassungen notwendig sind.

Literaturverzeichnis

KUHN, M. (1989): *FÖHNSTUDIEN*, WISSENSCHAFTLICHE BUCHGESELLSCHAFT, DARMSTADT, 504 PP

MISCHUNGSHÖHEN IN KOMPLEXEM GELÄNDE

Thomas Haiden, Österreich

Die korrekte Modellierung der Mischungshöhe ist unter anderem in der Vorhersage von Grenzschichtbewölkung und bei der Simulation von Ausbreitungsvorgängen von Bedeutung. Während die Verhältnisse über ebenem Gelände gut erforscht sind, wissen wir wenig über das raumzeitliche Verhalten der Mischungshöhe in komplexem, insbesondere steilem Gelände. Mit Hilfe eines einfachen Modells der Hangwindsschicht wird untersucht, wie sich zunehmende Geländeneigung auf Grenzschichtwachstum und -erwärmung auswirkt. In Übereinstimmung mit früheren Untersuchungen nimmt der thermisch induzierte Massenfluß längs des Hangs bei flachen Hängen mit der Geländeneigung zu, bei steilen Hängen jedoch wieder ab. Wenn die endliche Ausdehnung eines realen Hangs berücksichtigt wird, kommt es ab einer kritischen Geländeneigung, die von Schichtung und fühlbarem Wärmefluß abhängt, zu einer markanten Änderung im Verhalten der Mischungsschicht. Es besteht dann die Tendenz zur Ausbildung einer zweifachen Mischungsschicht (double mixed-layer). Um die theoretischen Ergebnisse zu verifizieren, wird eine erweiterte Form des Grenzschichtmodells auf die Topographie von Colorado angewandt, wobei die horizontale Auflösung 1 km beträgt. Die synoptischen Randbedingungen werden mit Hilfe von MAPS (Mesoscale Analysis and Prediction System) Analysen festgesetzt. Die turbulenten Flüsse fühlbarer und latenter Wärme werden mittels Strahlungsbilanz-Modell und klimatologischer, oberflächenabhängiger Festsetzung des Bowen-Verhältnisses abgeschätzt. Das Einsetzen von Cumulus-Bewölkung wird im Modell aus der berechneten Grenzschichthöhe (unter Berücksichtigung des Überschießens von Thermikelementen) und dem Hebungskondensationsniveau (lifting condensation level - LCL) bodennaher Luft diagnostiziert. Für die Verifikation der Modellergebnisse werden Beobachtungen der zeitlichen Entwicklung von Temperatur und Taupunkt an einzelnen Stationen herangezogen, sowie GOES VIS Satellitenbilder, die das Einsetzen und die mesoskalige Struktur der Cumulus-Bildung dokumentieren.

FACT.(FORECASTING IN ALPINE AND COMPLEX TERRAIN) – EINE INITIATIVE ZUR WEITERENTWICKLUNG DER ALPINEN WETTERVORHERSAGE

Peter Parson, Österreich

FACT ist eine Initiative, die von jener internationalen Meteorologengruppe ausgeht, die während der Intensiv-Messphase von MAP (SOP - Herbst 1999) Wettervorhersagen für die verschiedenen Messkampagnen erstellten (Working Group Forecaster).

FACT hat sich zum Anliegen gemacht, Schulung und Weiterbildung auf dem Gebiet der alpinen Wettervorhersage durch eine organisierte Zusammenarbeit mit Wissenschaftlern und einen vertieften Austausch meteorologischen Wissens voranzutreiben.

Die bisher definierten Ziele sind:

- Übertragung der wissenschaftlichen Ergebnisse von MAP in die operationelle Wettervorhersage
- Ausarbeitung von meteorologischen Konzepten für die kleinräumige Wettervorhersage in den Alpen (analog zu den Konzeptionellen Modellen)
- Mithilfe beim Erarbeiten von Grundlagen, die auch im operationellen Vorheragedienst eine zumindest teilweise objektive Evaluierung von engmaschigen Vorhersagemodellen ermöglichen.

FACT wird von praktisch allen Wetterdiensten des Alpenraums und vom MAP Steering Committee (MSC) unterstützt. Letzteres ist bereit, technische und wissenschaftliche Hilfestellung zu leisten.

Die erste Aktion von FACT ist die Abhaltung des

1. FACT-Workshop für alpine Wettervorhersage

Anfang November 2001 in der Nähe von Innsbruck, unterstützt von der ZAMG.

„Engmaschige Vorhersagemodelle und operationelle Wettervorhersage“

- Seminare mit eingeladenen Fachleuten zum Thema:
- Präsentation und Diskussion von Fallstudien

Weitere Tagesordnungspunkte:

- Offizielle Gründung von FACT
- Definition der Ziele und Organisation von FACT
- Wahl des Vorsitzes

DER VORTEX VIENNENSIS

Matthias Ratheiser, Reinhold Steinacker, Österreich

Am Institut für Meteorologie und Geophysik in Wien läuft seit rund drei Jahren das hochauflösende Analyseverfahren VERA auf einer dreistündigen operationellen Basis. Die Analyse der Bodendfelder von Druck, Temperatur, Wind und anderen Parameter nützt a priori Wissen bezüglich der Topographie der Alpen, um die Werte von den unregelmäßig verteilten SYNOP-Stationen auf ein regelmäßiges 10km-Gitter zu interpolieren. Diese Art von Downscaling bringt neue Information in datenarme Gebiete und ermöglicht somit eine detailgetreue Darstellung von Strukturen nicht nur im Bodendruck- und Temperaturfeld, sondern auch im Bodenwindfeld.

Bei der täglichen Durchsicht der Analysekarten fiel bei bestimmten Wetterlagen ein mesoskaliger, zyklonaler Wirbel im Raum Wien auf. Er manifestiert sich einerseits im Windfeld als Konvergenzgebiet, in welchem eine Südwestströmung aus Westungarn und Slowenien auf eine Ostströmung aus Nordungarn und der Slowakei trifft. Die Verwirbelung mit einem Radius von 30 – 50 km führt in diesem Bereich zu Windrichtungsvariation von fast 360 Grad. Am Temperaturfeld ist zu erkennen, dass die Luft aus dem Süden potentiell warm und die aus dem Osten potentiell kalt, der Wirbel somit eine barokline Zone ist. Auch im Druckfeld zeigen sich durchwegs übereinstimmende Muster: Eine Zone tieferen Drucks nahe des Zentrums des Wirbels, entweder in Form eines abgeschlossenen Mesotiefs im südlichen Wiener Becken oder einer ausladenden Tiefdrucknase in Verbindung mit einem Leetief nördlich der Alpen. Dabei fällt auf, dass das Zentrum des tiefen Druckes und der Mittelpunkt des Wirbels nicht konzentrisch sind. Die Einwirbelung im Wiener Becken ist daher in der Regel durchaus wetterwirksam. Das Phänomen führte in der Vergangenheit wegen seiner Kleinräumigkeit schon zu Problemen bei der Vorhersage bezüglich der Windrichtung und daraus folgend bezüglich der Temperatur. Die Diskussion zahlreicher Fallbeispiele soll das Phänomen, dem von uns der Name „Vortex Viennensis“ gegeben wurde, vorstellen und seine Auswirkungen darlegen.

VERGLEICH VON FLUGZEUGMESSUNGEN (STAAARTE 99) UND BODENMESSUNGEN VON OZON VOR UND WÄHREND EINES SÜDFÖHN-EREIGNISSES

Gabriele Rau, Kathrin Baumann, Österreich

Im Rahmen von STAAARTE (Scientific Training and Access to Aircraft for Atmospheric Research throughout Europe) fanden am 19. Oktober 1999 und am 5. November 1999 zwei Messflüge des französischen Flugzeugs ARAT - Fokker 27 über dem Rheintal und dem Bodensee statt. Die Messungen wurden in Kooperation mit dem Projekt ROM innerhalb der MAP-Kampagne durchgeführt.

Die Flugzeugmessungen wurden mit den Bodenmessungen verglichen, welche im selben Zeitraum im Rheintal durchgeführt wurden (Fesselballon, Seilbahnsonde, Luftgütemessnetz).

Der Messflug am 19. Oktober 1999 fand in der Vor-Föhn-Phase statt. Von Mailand aus wurden die Alpen und das Rheintal in einer Höhe von rund 4400 Metern überflogen. Im Bodenseegebiet konnten zwei Inversionen in 2600 und 1300 Metern Höhe gefunden werden. Während über den Alpen bis zum Untersuchungsgebiet eine relativ einförmige Ozonverteilung herrschte, wurde über dem Bodensee in rund 2000 Metern Höhe ein begrenztes Gebiet mit deutlich erhöhten Ozonkonzentrationen zwischen den beiden Inversionen gefunden. Trajektorienberechnungen deuten darauf hin, daß dieses lokale Ozonmaximum auf Transport aus industrialisierten Gebieten (Süddeutschland, Frankreich) zurückzuführen ist. In größerer Höhe (etwas über 4000 Meter) wurde ein weiteres Ozonmaximum gemessen, das wahrscheinlich durch Herabmischen aus der Stratosphäre (Intrusion) entstanden ist.

Fesselballonmessungen, die nach Einsetzen des Föhns in der Nacht auf den 20. Oktober durchgeführt wurden, ergaben, daß durch den Föhn das Ozon in bodennähere Schichten herabgemischt wurde.

Der ursprünglich für das selbe Föhnereignis vorgesehene Messflug unter Föhnbedingungen konnte nicht stattfinden, erst am 5. November war es möglich, einen Flug in hohem Niveau während eines Föhnereignisses durchzuführen.

Entlang der Flugstrecke über die Alpen herrschte eine relativ einheitliche Ozonverteilung. Der Vergleich der Vertikalverteilung von Ozon im Raum Mailand (gemessen während des Starts) und nördlich der Alpen (Hohenpeißenberg) zeigt eine relativ gute Übereinstimmung. Die Daten vom Luftgütemessnetz zeigen, daß das Föhnereignis am 5. November in erster Linie Lagen in großer und mittlerer Höhe beeinflusste, erst am 6. November griff der Föhn auch ins Tal durch.

UNTERSUCHUNG VON GEBIRGSWELLEN MIT SEGELFLUGZEUGEN

Reinhold Steinacker, Österreich

Während der Special Observing Period von MAP (SOP, September bis November 1999) wurden meteorologische Daten von mehreren mit GPS-Datenloggern ausgerüsteten Segelflugzeugen gesammelt und ausgewertet. Durch die unerwartet hohe Anzahl von Föhnlagen konnten auf diese Weise zahlreiche Wellensegelflüge dokumentiert werden. Damit stehen neben den Messflügen mit den grossen Forschungsflugzeugen, die i. a. Messungen quer zu den Wellen (parallel zur Strömung) repräsentieren, auch Daten von Segelflügen längs der Wellen (quer zur Strömung) zur Verfügung. Ziel der Untersuchung war einerseits die bessere Erfassung der dreidimensionalen Struktur der Gebirgswellen, und damit eine bessere Validierung der Ergebnisse von hochauflösenden numerischen Prognosemodellen, andererseits eine Überprüfung, inwieweit sich das Wellenregime mittels Kenntnis der vertikalen Windprofile und der statischen Stabilität der Atmosphäre diagnostizieren lässt.

Es zeigt sich, dass der Scorer Parameter aus den stromaufwärts liegenden Radiosondenstationen bestimmt, als durchaus brauchbarer Prädiktand für das Auftreten und die Charakteristik von Gebirgswellen eignet. Ein Vergleich der Messdaten mit den Modellergebnissen zeigt, dass letztere zwar im Prinzip richtig vorhergesagt werden können, im Detail (Phasenlage, Amplitude) jedoch noch signifikante Unterschiede auftreten.

Die Auswertung der Segelflugdaten soll in der Folge zu einer Klimatologie der (für Segelflieger nutzbare) Wellensegelgebiete weiter bearbeitet werden.

TEMPERATURSCHICHTUNGEN IM ALPENRHEINTAL BESTIMMT MIT EINEM WIND-TEMPERATUR-RADAR SOWIE AUS DEN DATEN EINER TAL- BZW. HANGSTATION

S. Vogt, Deutschland, R. Werner, Österreich

Da regelmäßige Radiosondenaufstiege im Alpenrheintal südlich des Bodensees fehlen und dort auch keine meteorologischen Masten vorhanden sind, ist die Kenntnis der Temperaturschichtung zwischen Talgrund und Gipfelniveau noch lückenhaft. Es gibt zwar die Möglichkeit aus den Temperaturwerten einer Talstation und einer Gipfelstation bzw. Hangstation die Temperaturschichtung zu berechnen. Bisher ist jedoch die Frage noch nicht beantwortet, inwieweit damit die Verhältnisse in der freien Atmosphäre wiedergegeben werden.

Im Rahmen der MAP-FORM-Meßkampagne wurde das Wind-Temperatur-RADAR (WTR) des Instituts für Meteorologie und Klimaforschung, Forschungszentrum Karlsruhe im Rheintal bei Rankweil eingesetzt. Das WTR wurde im Dauerbetrieb in den Monaten September bis Mitte November 1999 gefahren und lieferten neben Turbulenzgrößen, Windwerte sowie Vertikalprofile der Temperatur.

Dank des umfangreichen Datenmaterials ist es möglich neben Einzelfallanalysen bei speziellen Wetterlagen z.B. Strahlungstage, Nebeltage oder Niederschlagsereignisse auch Statistiken der Temperaturschichtung zu erstellen. Aus den Temperaturwerten benachbarter Höhenstufen wurden Temperaturgradienten errechnet. Damit konnten Statistiken der Temperaturschichtung als Funktion der Schichtdicke, der Tageszeit und der Wetterlage erstellt werden. Die Verteilungen werden diskutiert.

Weiterhin wurde ein Vergleich der mit dem WTR ermittelten Schichtungsverhältnisse sowie den Schichtungsverhältnissen am östlichen Rheintalhang basierend auf den Stationen Fraxern sowie Feldkirch durchgeführt. Einzelfallanalysen und Korrelationsuntersuchungen ergaben, daß die Schichtungsverhältnisse in der freien Atmosphäre im Rheintal zumindest bis 1000 m N.N. mit Temperaturdaten einer Tal- bzw. Hangstation charakterisiert werden können. Dies gilt insbesondere an bedeckten Tagen. Größere Unterschiede treten vor allem an klaren Strahlungstagen auf. Um die Mittagszeit zeigen die WTR Daten im Mittel eine schwach labile Schichtung, während die Tal-Hang Daten eine neutrale Schichtung ergeben.

Noch grösser sind die Unterschiede zum 19 Uhr Termin. Hier zeigt das WTR neutrale Gradienten, im Gegensatz zu einer stabilen Schichtung der Tal-Hang Daten.

ZUM TAGESGANG DER TEMPERATURSCHICHTUNG IM ALPENRHEINTAL

Richard Werner, Österreich, Siegfried Vogt, Deutschland

Die Meßdaten eines Profilers (Wind-Temperatur-Radar) wurden zur Bestimmung des vertikalen Temperaturgradienten herangezogen. Aufgrund von Messungen vom September 1999 bis Mitte November 1999 im Rahmen von MAP konnten in mehreren Niveaus die Temperaturschichtung (gr. gamma) bestimmt werden. Für dreistündige Zeitfenster wurden die Häufigkeiten von labiler, neutraler und stabiler Schichtung erfaßt. Es wurden die Schichtungsbedingungen nach acht Klassen in Anlehnung an die ÖNORM M 9440 analysiert. Aufgrund der zeitlichen Auflösung in Halbstunden sind je Tages"achtel" rund 460 Datensätze pro Höhenschicht verfügbar, die eine Bestimmung von Häufigkeiten der Temperaturschichtung bis 1000 m über Grund gestatten.

Nächtliche Bedingungen für stabile Schichtungen und Inversionen sowie Häufigkeit konvektiver Verhältnisse untertags konnten nachgewiesen werden. Dabei spielt auch die Variation der potentiellen Sonnenscheindauer eine gewisse Rolle. Die dreistündigen Zeitfenster gestatten die Bestimmung des häufigsten Vertikalgradienten und Aussagen über seltene oder rare Schichtungsfälle (Ereignisse mit einer Häufigkeit unter 5 Promille).

In der bodennächsten Schicht und in der bodennahen Mischungsschicht des Alpenrheintales wurden neben überadiabatischen Gradienten auch mehrfach Inversionen festgestellt, die erstmals in ihrer Häufigkeit im Alpenrheintal 20 km südlich des Bodensees bestimmt wurden. Stabile Schichtungen sind für Aspekte der Luftreinhaltung ebenso wichtig wie für das Phänomen des Abbaus von Kaltluftsee von oben her durch warme Südwinde. Besonders über der Prandtl-Schichte konnte die Veränderlichkeit der Temperaturgradienten durch den Einfluß von Höhenwinden erfaßt werden. Die Durchlüftungsverhältnisse sind dadurch deutlich besser zu interpretieren als vor der Meßphase von FORM.

EIN NEUES MODELL ZUR SIMULATION DES BERG- TALWINDES

Friedrich Wölfelmaier, Reinhold Steinacker, Österreich

Thermisch angetriebene Luftströmungen bestimmen das Windfeld in Tälern bei ungestörten synoptischen Bedingungen. In Simulationen dieser Strömungen werden häufig die Bewegungsgleichungen numerisch gelöst. Hier wird ein neuer einfacher Ansatz vorgestellt, der den Zirkulationssatz als Ausgangspunkt verwendet. Dies hat den Vorteil, dass nicht der auf dieser Skala sehr geringe Druckgradient verwendet wird, sondern der vom Betrag größere Solenoidterm, welcher die Baroklinität entlang der Talachse repräsentiert. Weiters kann das Strömungsfeld mit einem Gleichgewichtsansatz in einem Schritt berechnet werden, wodurch die Computerrechenzeit stark verkürzt wird.

1. Thermischer Modellteil: Die Entwicklung der thermischen Struktur der Talatmosphäre wird in einem eigenen Modellteil berechnet. Dabei wird die zusätzliche Erwärmung oder Abkühlung der Talatmosphäre gegenüber einer Ebene aufgrund des Volumeneffektes (Steinacker, 1984) berücksichtigt. Mit Hilfe von hochaufgelösten Topographiedaten werden relative Luftvolumen der Gitterzellen bestimmt. Diese Luftvolumina werden auf einer Skala, welche der Talbreite entspricht gemittelt, um die Strömung entlang der Talachse zu erhalten. Kleinere relative Luftvolumina resultieren in stärkerer Erwärmung oder Abkühlung eines Gitterelements. Zur Parametrisierung der Hangwinde werden tagsüber überadiabatische Temperaturgradienten adiabatisch angepasst, indem Wärme an obere Schichten abgegeben wird. Aus der Erwärmung der Talatmosphäre wird die Drucktendenz hydrostatisch berechnet.

2. Strömungsmodell: Im dynamischen Modellteil wird die Änderung des zweidimensionalen Geschwindigkeitsfeldes entlang der Talachse mit Hilfe eines Gleichgewichtsansatzes berechnet. Dabei kann mit Hilfe des Zirkulationssatzes und dem Konzept der verfügbaren potentiellen Energie die Änderung der kinetischen Energie bestimmt werden. Über eine Minimierung der kinetischen Energie in der Berechnungsdomäne wird die Verteilung der Geschwindigkeitskomponenten berechnet. Die Reibung ist in dem Ansatz implizit berücksichtigt.

In den Ergebnissen werden gekoppelte thermisch-dynamische Modellläufe und rein thermische Modellsimulationen präsentiert. Für ein Alpental werden dabei unterschiedliche Anfangsbedingungen bezüglich des sensiblen Wärmestroms gewählt.

Literatur:

Steinacker, R., 1984: Area-Height Distribution of a Valley and its Relation to the Valley Wind. Beitr. Phys. Atmosph., 57, 64-71.

DIE BEDEUTUNG VON PAESSEN BEI DER UEBERSTROEMUNG VON GEBIRGEN

Günther Zängl, Deutschland

Beobachtungen in den Alpen zeigen, dass Föhn bevorzugt entlang von Quertälern auftritt, die von Paessen im Alpenhauptkamm ausgehen. Beispiele hierfür sind das Reusstal (Schweiz), das Wipptal (Österreich/Italien) und die alpinen Teile des Rheintales. Mit Hilfe linearer Theorie und idealisierter numerischer Simulationen wird im folgenden untersucht, welche dynamischen Mechanismen zu starken Winden im Lee von Gebirgspaessen führen können. Als wichtigste Kontrollparameter erweisen sich dabei die dimensionslose Berghöhe $h = NH/U$ (wobei N , H und U die Brunt-Vaisala-Frequenz, die Berghöhe und die Anströmgeschwindigkeit sind) und die analog definierte Passhöhe h_P .

Für niedrige Berge ($h \ll 1$) zeigen lineare Lösungen der Überströmung eines Bergrückens mit Pass, dass die Strömungsanomalien im Bereich des Passes ähnlich sind wie im Bereich des Bergrückens. In Bodennähe findet man in beiden Fällen eine Windabschwächung auf der Luvseite und eine Windverstärkung auf der Leeseite, und zwar selbst dann, wenn die Passhöhe Null beträgt. Die Gründe hierfür sind bodennahe Konfluenz im Bereich des Passes sowie die Tatsache, dass sich die über dem Bergücken angeregten Schwerewellen auch in den Bereich über dem Pass ausbreiten. Die Amplitude der Windstörungen im Bereich des Passes ist umso größer, je enger der Pass ist, sie bleibt aber in allen Fällen deutlich unter der Amplitude über dem Bergücken. Lineare Theorie reicht also nicht aus, um die eingangs erwähnten Beobachtungen zu erklären.

Im nichtlinearen Parameterbereich ($h \gtrsim 1$) tritt über dem Bergücken, wie schon aus zahlreichen früheren Studien bekannt ist, Wellenbrechen auf. Dies führt meist zur Bildung einer speziellen Strömungskonfiguration, die mit sehr starken Winden auf der Leeseite des Berges verbunden ist. Ähnlich starke Winde treten in diesem Fall auch im Bereich des Passes auf, wobei die Dicke der Starkwindsschicht deutlich größer als im Lee des Bergücken ist. Dies kommt den Beobachtungen schon deutlich näher. Um die beobachtete Dominanz des Föhns entlang von Paessen und Quertälern zu erklären, muss allerdings noch die Bodenreibung berücksichtigt werden. Diese führt - in dem für die Alpen relevanten Parameterbereich - dazu, dass starke Fallwinde nur entlang von Quertälern bis in tiefergelegene Regionen vordringen können. Im Lee eines hohen Gebirgskammes löst sich hingegen die Starkwindzone noch im Bereich des Hanges vom Boden ab, so dass im Tal keine hohen Windgeschwindigkeiten auftreten. Die Resultate deuten darauf hin, dass die dicke Starkwindsschicht, die typischerweise im Lee eines Gebirgskammes anzutreffen ist, durch Bodenreibung dynamisch instabil wird.

GEBIRGSÜBERSTRÖMUNGEN MIT HORIZONTALER SCHERUNG

Matthias Zillig, Schweiz

Es gibt unzählige Studien und Experimente, in denen die mesoskalige Antwort der Atmosphäre auf Störungen unterschiedlichster Art (z.B. Gebirgsüberströmungen) untersucht wurde. Eine breite Palette von Phänomenen und Strömungs-Regimes wurde entdeckt und ausführlich diskutiert.

Dabei wurden aber praktisch nie Versuchsanordnungen mit einer horizontalen Scherung in der einfallenden Strömung betrachtet. Eine horizontale Scherung in der Hintergrundströmung modifiziert den Charakter der in früheren Studien und Simulationen schon beobachteten Phänomene, fügt ihnen weitere Eigenschaften hinzu und erzeugt auch ganz neue Effekte.

In dieser Studie wurde mit dem hochauflösenden, nicht-hydrostatischen, kompressiblen numerischen Modell MC2 (mesoscale compressible community) eine Reihe von idealisierten Experimenten mit horizontaler Scherung durchgeführt, um diese Effekte aufzuzeigen. Von besonderem Interesse ist dabei die Modifizierung der Fortpflanzungseigenschaften von Schwerewellen und der Einfluss der Scherung auf den generellen Charakter des resultierenden Strömungsbildes (Regime).

Es wird gezeigt, dass die Schwerewellen - erzeugt durch Überströmung eines Hindernisses - durch eine genügend grosse Geschwindigkeitsänderung in der Scherungszone zum grossen Teil reflektiert werden und mit der ursprünglichen Welle interferieren. Je nach Lage und Stärke der Scherung können die auftretenden Interferenzeffekte ein beträchtliches Mass erreichen.

Die horizontale Scherung über einer langgestreckten Gebirgskette bestimmt entscheidend den Strömungscharakter über der Orographie (balanciert oder wellendominiert). Das Vorhandensein einer Scherungszone kann z.B. das Vorkommen von Wellenbrechen auch in Regionen, die sich nicht in ihrer unmittelbaren Nähe befinden, vermindern und Auswirkungen weit stromaufwärts haben.

Die experimentell gefundenen Resultate werden mit theoretischen Betrachtungen verglichen.

DIE RADARMESSKAMPAGNE IM NASSEN MAP

Gianmario Galli, Remo Cavalli, Schweiz

Während der speziellen MAP Beobachtungsperiode SOP im Herbst 1999 wurde in den Südalpen (Lago Maggiore Region) ein Radarexperiment durchgeführt, dessen Hauptziel feinaufgelöste Beobachtungen orografischer Stark-Niederschläge waren. Die Kopplung von operationellen Radarstationen mit Forschungsradars aus verschiedenen Nationen lieferte eine einmalige Datendichte und -qualität. Voraussetzung dafür war eine sorgfältige Vorbereitungstätigkeit. Darunter fällt unter anderem der Instrumenten-Vergleich in Locarno-Monti, namens Pre-SOP, in welchem Messungen von drei Vertikalradars, zwei Volumenradars (davon eines mobil), sechs Disdrometern (darunter mechanische, optische, akustische) und Regensammlern verglichen wurden. Besonders erwähnenswert ist auch die Vielzahl von Arbeiten im Bereiche der Dynamik und Mikrophysik alpiner Niederschläge, zum Beispiel dual-Doppler wind retrieval Techniken, welche diese Feldkampagne stimulierte.

Der Vortrag beinhaltet eine Uebersicht über das Gebiet und die Dateninfrastruktur des Radarexperimentes, gefolgt von ausgewählten Resultaten der Arbeiten von MeteoSvizzera über das Vertikal-Profil der Radarreflektivität, den Pre-SOP Instrumenten-Vergleich und die raum-zeitliche Variabilität des orographischen Niederschlags.

STARKNIEDERSCHLAGSEREIGNISSE BEOBACHTET MIT METEOSAT-6 WÄHREND DES MESOSCALE ALPINE PROGRAMME

Martin Bolliger, Peter Binder, Hanspeter Roesli, Schweiz

OUTLINE

Während der Feldphase des Mesoscale Alpine Programme (MAP) im Herbst 1999, lieferte der standby Satellit Meteosat-6 zeitlich hochaufgelöste Bilder (rapid scans) vom Alpenraum. Der einmalige Datensatz umfasst über 400 Stunden mit fünfminütigen rapid scan Sequenzen. Die vorliegende Studie befasst sich mit Starkniederschlägen auf der Alpensuedseite und analysiert deren Charakteristika auf der synoptischen und meso-B Skala mit Hilfe der rapid scan Daten.

Folgende zentrale Fragestellungen werden behandelt:

- Ist es möglich, konvektive und stratiforme Wolkenregionen zu unterscheiden?
- Kann der konvektive Beitrag eines Niederschlagsereignisses quantifiziert werden?
- Welcher Art Lebenszyklus unterstehen diese Starkniederschlagsereignisse?

Methodik

Zwei pixel-orientierte Methoden werden vorgestellt, welche nicht-kalibrierte infrarot Daten verwenden, um konvektive und stratiforme Wolkenregionen zu trennen. Es wird angenommen, dass die Struktur des Wolkentops Rückschlüsse über konvektive, resp. stratiforme Wolkengebiete erlaubt.

Räumliche Varianz: var(x,y)-Methode

In Anlehnung an die Convective-Stratiform Technique (CST) von Adler und Negri (1988), unterteilen wir das Satellitenbild in 3 x 3 Pixel Arrays und rechnen die count Varianz der Pixel innerhalb dieser Arrays.

Zeitliche Entwicklung: tend-Methode

Berechnung der zeitlichen Entwicklung der Pixel über eine Zeitspanne von 10 Minuten. Damit wird der Abkühlungs- oder Erwärmungstrend eines Pixels erfasst.

ERSTE RESULTATE

Da die Eigenbewegung der Wolkensysteme insbesondere an den Wolkenrändern scheinbar hohe Abkühlungsraten und hohe Pixelvariabilitäten hervorruft, können konvektiv aktive Zonen nicht eindeutig identifiziert werden. Ein Mitverfolgen von Wolkensystemen erlaubt die Minimierung der Signale welche durch die Eigenbewegung der Wolken hervorgerufen werden. In der vorliegenden Studie wurde die Standard Pattern Correlation Coefficient (PCC) Methode (Schmetz and Nuret, 1987) angewendet. Erste Resultate zeigen, dass die systemrelative Betrachtung von Wolken in Kombination mit den beiden Methoden ansprechende Resultate über die Erkennung konvektiver/stratifomer Wolkenregionen liefern. In einem nächsten Schritt werden Radardaten beigezogen, um die von den Satellitendaten abgeleiteten Erkenntnisse zu validieren. Zudem werden die Daten vom sichtbaren Kanal ausgewertet.

LITERATUR:

Adler, R. F., and A. J. Negri, 1988. A satellite infrared technique to estimate tropical convective and stratiform rainfall. J. Appl. Meteor., 30-51.

Schmetz, J., and M. Nuret, 1987. Automatic tracking of high-level clouds in METEOSAT infrared images with a radiance windowing technique. ESA Journal, 275-286.

SCHNEEVERFRACHTUNG UND SCHNEEDECKENENTWICKLUNG IN ALPINEM GELÄNDE

Michael Lehning, Norbert Raderschall, Judith Doorschot, Schweiz

Die Schneeverfrachtung führt zu einer sehr inhomogenen Verteilung der Schneehöhen in stark gegliedertem Gelände. Sichtbare Auswirkungen sind die Bildung von Wächten und Schneedünen einerseits und von blankgefegten Luvhängen andererseits. Dies hat Auswirkungen auf die Lawinengefahr, aber auch auf das Pflanzenwachstum, den Wasserhaushalt und den Energiehaushalt. Folgende Einzelbeiträge zur Schneeverfrachtung können unterschieden werden: 1) Das bodennahe Windfeld; 2) Der Niederschlag als Schnee 3) Die Eigenschaften des Schnees am Boden. Der Transport erfolgt entweder in Suspension oder in Saltation. Der Vortrag stellt einen integrierten Ansatz zur Beschreibung der Schneeverfrachtung vor. Dabei wird das Windfeld mit dem mesoskaligen Vorhersagemodell ARPS beschrieben und als Eingabegrösse für das Modell der Verfrachtung gebraucht. Bei der Verfrachtung werden zwei neue Ansätze für die Saltation und die Suspension formuliert. Dabei werden sowohl der Schneeniederschlag als auch die Eigenschaften des bereits abgelagerten Schnees berücksichtigt. Die Beschreibung der Schneeeigenschaften erfolgt mit dem Schneedeckenmodell SNOWPACK. Mit diesem Gesamtmodell ist es erstmals möglich, entscheidende Phänomene der Schneerosion und -ablagerung an steilen Hängen zu erfassen. Die modellierte Schneevertelung wird mit Hilfe von Feldmessungen der Schneevertelung am Gaudergrat evaluiert. Die Kopplung mit dem Schneedeckenmodell SNOWPACK ermöglicht ferner eine realistische Simulation des Abschmelzvorganges im Frühjahr.

DER EINFLUSS DER LUFTFEUCHTE AUF DIE ABLATION DES VERNAGTFERNERS – ERGEBNISSE DER FELDKAMPAGNEN HYMEX98 UND HYMEX2000

Markus Weber, Deutschland

Im Rahmen eines von der DFG geförderten Projektes wurden am Vernagtferner (Öztaler Alpen) im August 1998 und 2000 umfangreiche Untersuchungen zur Schmelzwasserproduktion an der Eisoberfläche unter den Bedingungen einer ausgeprägten Strahlungswetterlage mit relativ hohen Lufttemperaturen durchgeführt. Von besonderem Interesse waren dabei die Prozesse des Wärmeübergangs aus der sich unter diesen Witterungsbedingungen ausbildenden Gletscherwindschicht und die daraus resultierenden Flüsse der sensiblen und latenten Wärme.

Realisiert wurden die Messungen während einer jeweils 5-tägigen Intensivmessphase mit einer mikrometeorologischen Energiebilanzstation, die aus Messfühlern für die Komponenten der Strahlungsbilanz, zur Bestimmung des Temperatur-, Wind- und Feuchteprofils von der Eisoberfläche bis in 9 m Höhe und einem Instrumentarium zur direkten Messung der turbulenten Flüsse nach der Eddykorrelationsmethode bestand. Ergänzt wurden die lokalen Messungen durch weitere Hintergrundmessungen im ca. 11 km² grossen Einzugsgebiet der Pegelstation Vernagtbach.

Der Standort für das Experiment HyMEX98 befand sich auf 3045 m NN etwa in der Mitte des leicht nach Süden geneigten Hochplateaus des Gletschers, der zu dieser Zeit zu fast 90% seiner 8,7 km² großen Fläche ausgeapert war. Es bildete sich an dieser Stelle eine sehr gut ausgeprägte Gletscherwindschicht mit stabiler thermischer Schichtung und heftiger dynamischer Turbulenz aus. Allerdings waren die direkt gemessenen turbulenten Flüsse im Vergleich zu denen, die mit gängigen Parametrisierungsansätzen aus Profilmessungen berechnet werden, unerwartet klein, da einerseits sich die Kaskade des Turbulenzspektrums auf größere Skalen beschränkte, andererseits der Gletscherwind zu den Zeiten mit dem höchsten solaren Energieangebot die geringste Intensität entwickelte. Der maßgebliche Anteil (<80%) der zum Schmelzen von Eis verfügbaren Energie entstammte der Strahlungsbilanz und führte zu Gesamtablationsraten um 80 mm/Tag.

Für HyMEX2000 wurde ein 50 m tiefer und 500 m näher zum Zungenende gelegener Standort gewählt, um zu evaluieren, ob die längere Verweildauer der Luftmassen in der Gletscherwindschicht zu einer effizienteren Ausbildung des Turbulenzspektrums führt. Der Flächenanteil der aperen Zone des Gletschers war Ende August 2000 mit ca. 70% deutlich geringer als 1998. Die Einstrahlungs- und Temperaturbedingungen ähnelten denen beim ersten Experiment, es herrschten jedoch ungewöhnlich niedrige absolute Luftfeuchten bis unter 2g/m³. Dies führte zu einer hohen Verdunstung an der Eisoberfläche, durch welche die Oberfläche selbst zunehmend modifiziert wurde. Es bildeten sich dem Büßerschnee ähnliche Strukturen, die eine Zerklüftung und allmählichen optische Aufhellung der Oberfläche bewirkten. Dadurch erhöhte sich die Albedo von Tag zu Tag, wodurch der Energiegewinn aus der Strahlung gegenüber dem ersten Experiment deutlich reduziert wurde. Der nur geringfügig höhere sensible Wärmestrom konnte den Verlust durch den Verdunstungsstrom und die höhere Albedo nicht ausgleichen, so dass die tägliche Ablation nur um die 50 mm betrug.

Die Beobachtungen am Vernagtferner zeigen, dass die Schmelzwasserproduktion an einer temperierten Gletscheroberfläche nicht nur in einfacher Weise proportional zur Lufttemperatur und Strahlungsangebot ansteigt, sondern auf Grund von Rückkopplungseffekten in stärkerem Maße von der Luftfeuchte abhängt. Steigende Temperaturen haben also nicht zwangsläufig höhere Schmelzraten zur Folge. Gletscher in feuchteren Regionen verlieren unter diesen Bedingungen schneller an Masse als solche in Trockengebieten.

DIE RÄUMLICHE STRUKTUR DES NIEDERSCHLAGES IM EINZUGSGEBIET DER SAAR

Steffen Möller, Alfred Helbig, Gereon Klein, Deutschland

In den 1990er Jahren rückten die Moselhochwässer in den Blickpunkt der Medien und der Öffentlichkeit. Die Hochwassersituation am Pegel Trier wird geprägt durch die Überlagerung von Wellen aus der Obermosel, der Sauer und der Saar. Die Struktur des Niederschlages an der Saar sollte exemplarisch im Rahmen einer Diplomarbeit an der Universität Trier untersucht werden.

Dabei wurden bestimmte Großwetterlagen mit mehreren aufeinanderfolgenden Niederschlagstagen in die Betrachtung einbezogen. Insbesondere West- und Südwestlagen können im Einzugsgebiet ergiebige Niederschläge bringen. Dennoch wurde auch auf Niederschlagszeiträume während anderer Großwetterlagen zurückgegriffen.

Für die räumliche Interpolation standen Tagessummen der Niederschläge von insgesamt 76 Stationen des deutschen (DWD) und französischen Wetterdienstes (Météo France) zur Verfügung. Als Algorithmus zur Interpolation diente das von Dr. Gereon Klein an der Universität Freiburg entwickelte REGIONMOD, ein Modell zur Regionalisierung des Niederschlages unter Berücksichtigung der Reliefbedingungen im Einzugsgebiet.

Die Strukturen offenbaren, dass nicht allein die Höhenlagen von Vogesen, Pfälzer Wald und Hunsrück die Hauptniederschlagsgebiete sind. Vor allem die in Anströmrichtung exponierten Hanglagen der Gebirge erhalten ergiebige Niederschläge; insbesondere die westexponierten Hänge des Hunsrück sind hierbei zu nennen. Die Abflüsse aus diesem Gebiet werden jedoch nicht in die Hochwasservorhersagen, die auf einem Wellenablaufmodell in der Saar beruhen, einbezogen.

Die Betrachtung der räumlichen Struktur der Niederschläge ist damit der erste Schritt zu einer Optimierung bestehender Hochwasser-Prognosemodelle an der Saar und an der Mosel.

VERGLEICH VON GPCP-1DD UND EZMW NIEDERSCHLAGSPRODUKTEN MIT BEOBACHTETEN NIEDERSCHLAGSFELDERN ÜBER DEN ALPEN

P. Skomorowski, F. Rubel, Österreich, B. Rudolf, Deutschland

Routinemäßig werden im Rahmen des Global Precipitation Climatology Programme (GPCP) monatliche Niederschlagsprodukte mit einer räumlichen Auflösung von $2.5^\circ \times 2.5^\circ$, äquidistant in geographischer Länge und Breite, erstellt. Beginnend mit 1997 steht das neue hochauflösende GPCP-1DD Produkt zur Verfügung. Die Auflösung dieser täglichen GPCP Daten beträgt $1^\circ \times 1^\circ$ und stellt somit eine wesentliche Verbesserung dar. (Huffman et al., 2001). Diese Niederschlagsabschätzungen werden in den Tropen ausschließlich aus IR Messungen kombiniert mit SSM/I Daten der geostationären Satelliten und in höheren Breiten aus TOVS Daten der polarumkreisenden Satelliten abgeleitet. Das Ziel dieser Studie, ist die Verifikation der GPCP-1DD Produkte über den Alpen sowie der Vergleich mit der t+6 bis t+30 Niederschlagsprognose des operationellen Laufs des EZMW. Als Referenz dienen 3100 tägliche Bodenbeobachtungen aus dem dichten Netz der Datenbank des Mesoscale Alpine Programme (MAP), die bisher für das Sommerhalbjahr 1997 objektiv auf dem Gitter der GPCP-1DD Produkte analysiert wurden. Erste Ergebnisse wurden in Rubel *et al.* (2001) und Skomorowski *et al.* (2001) publiziert. Neue detailliertere Ergebnisse der Performance der GPCP-1DD Satellitenabschätzungen, sowie der Vergleich mit EZMW Modellvorhersagen werden auf der Tagung präsentiert. Differenzfelder (Mittlerer Fehler), Korrelationskoeffizient, Verifikationsmaße, wie Probability of Detection (POD), False Alarm Ratio (FAR), True skill statistics (TSS) werden an Hand von Fallbeispielen diskutiert.

Literatur:

Ghelli, A., and F. Lalurette, 2000: Verifying precipitation forecasts using upscaled observations., *ECMWF Newsletter*, **87**, 9-17.

Huffman, G. J., R. F. Adler, M. M. Morrissey, D. T. Bolvine, S. Curtis, R. Royce, B. McGavok, and J. Susskind, 2001: Global precipitation at one-degree daily resolution from multi-satellite observations., *J. Hydrometeorol.*, accepted.

Rubel, F., and B. Rudolf, 2000: Global daily precipitation estimates proved over the European Alps., *Meteorol. Z.*, submitted.

Rudolf, B., and F. Rubel, 2000: Regional Validation of satellite-based global precipitation estimates, European Meteorological Satellite Data Users Conference, EUMETSAT, 29 May to 2 June 2000, Bologna, Italy.

Skomorowski, P., F. Rubel, and B. Rudolf, 2000: Verification of GPCP-1DD global satellite Precipitation products using MAP surface observations, *Phys. Chem. Earth (B)*, **26**, 403-409.

VIENNA AND THE FOUNDING OF DYNAMICAL METEOROLOGY

Huw C. Davies, Schweiz

Meteorology became a recognised scientific discipline toward the end of the nineteenth century, and thereafter Dynamical Meteorology evolved as a distinct sub-discipline during the first quarter of the twentieth century. An overview is provided of the contribution of Viennese Meteorologists to this evolution. The contribution was prolific and eclectic, and it was pioneering in that it prompted or pointedly foreshadowed many major advances in the field.

BJERKNES UND LEIPZIG - ZUM 50. TODESTAG VON VILHELM BJERKNES (1862-1951)

Michael Börngen, Christian Hänsel, Deutschland

Mit der rasanten Entwicklung der Luftfahrt zu Beginn des 20. Jahrhunderts wurden die Kenntnisse von den Vorgängen in der Atmosphäre immer wichtiger. Vor diesem Hintergrund bemühten sich seit 1910 der Physiker Otto Wiener, der Astronom Heinrich Bruns und andere Leipziger Naturwissenschaftler um die Errichtung eines Geophysikalischen Instituts an der Universität, das Physik des Planeten Erde betreiben, sich aber anfangs auf Atmosphärenphysik konzentrieren sollte. Vilhelm Bjerknes wurde schon bald als "Idealbesetzung" des zu gründenden Lehrstuhls für Geophysik angesehen und im Sommer 1912 an erster Stelle (gefolgt von Alfred Wegener) dem Sächsischen Ministerium vorgeschlagen. Bereits einen Monat später nahm Bjerknes den Ruf nach Leipzig für den 1. Januar 1913 an.

Beim Aufbau des Instituts wurde Bjerknes von seinem Assistenten Robert Wenger und zwei Carnegieassistenten unterstützt. Gemäß seines 1904 veröffentlichten Forschungsplanes verfolgte Bjerknes als zentrale Aufgabe die Lösung des Problems der Wettervorhersage mit Hilfe der Hydro- und Thermodynamik. Arbeiten zu diesem Thema wurden bereits im Gründungsjahr in den "Veröffentlichungen des Geophysikalischen Instituts der Universität Leipzig" publiziert. Drei wegweisende Arbeiten erschienen auch in den Schriften der Königlich Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig, zu deren Mitglied er am 24. Mai 1913 gewählt wurde.

Nach Ausbruch des ersten Weltkriegs wurden durch Einberufung seiner deutschen Mitarbeiter und Verschlechterung der Arbeits- und Lebensbedingungen ("Kohlrübenwinter") die Forschungsarbeiten immer mehr behindert. Bjerknes folgte deshalb im August 1917 einem Ruf nach Norwegen, nachdem er zuvor Robert Wenger vom Militär freibekommen hatte und so die Fortführung des Institutsbetriebs gesichert war. Im norwegischen Bergen gelangen in den nächsten Jahren entscheidende Fortschritte auf dem Weg zu einer fundierten Wettervorhersage ("Polarfronttheorie").

Bis Ende der 30er Jahre unterhielt das Leipziger Institut (ab 1923 unter Leitung von Ludwig Weickmann) enge Beziehungen zu Bjerknes und der Bergener Schule sowohl in persönlicher wie auch in fachlicher Hinsicht. So hat Bjerknes Leipzig oft besucht, bspw. zur Tagung der Internationalen Aerologischen Kommission 1927 oder zur 25-Jahr-Feier des Geophysikalischen Instituts 1938. Bei dieser Gelegenheit urteilte er rückblickend "Wie unscheinbar von außen gesehen der Anteil Leipzigs an den Enderfolgen in Bergen scheinen kann, so ist dieser Anteil nicht bloß groß, sondern für den Enderfolg unentbehrlich gewesen". Erst der Einmarsch der deutschen Wehrmacht in sein Heimatland Norwegen zwei Jahre später beendete die Verbindung mit Leipzig.

DIE ERSTEN INTERNATIONALEN SIMULTANAUFSTIEGE UND DIE ANFÄNGE DER SYNOPTISCHEN AEROLOGIE ZU AUSGANG DES 19. JAHRHUNDERTS

Karl-Heinz Bernhardt, Deutschland

Hatte die Meteorologie in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts mit den Fortschritten bei ihrer Begründung als Physik der Atmosphäre ihr theoretisches Fundament entscheidend erweitert, auf empirischem Wege die globale Verteilung der meteorologischen Elemente an der Erdoberfläche in Ihren Grundzügen aufgeklärt und bodennahe Beobachtungsdaten für Vorhersagezwecke zu nutzen begonnen, so war die freie Atmosphäre abseits der Bergstationen weitgehend eine terra incognita geblieben. Bei deren systematischer Erkundung zu Ausgang des Jahrhunderts wurde auch die internationale Kooperation wirksam, die in der Meteorologie bereits auf eine erfolgreiche Tradition zurückblicken konnte, wovon beispielsweise die seit 1872/73 abgehaltenen internationalen Meteorologenkonferenzen, das erste Internationale Polarjahr 1882/83 und das Internationale Wolkenjahr 1896/97 zeugen.

Nach ersten Ansätzen für gleichzeitige Ballonaufstiege, auch über Ländergrenzen hinweg, im Rahmen der Berliner wissenschaftlichen Luffahrten (1888-1899) fanden im Anschluß an die Pariser Meteorologenkonferenz und die Bildung der Internationalen Aeronautischen Kommission im Jahre 1896 gemeinsam verabredete internationale Simultanaufstiege statt, von denen im Vortrag die ersten 11 Fahrten bis zum Ende des Jahres 1900 näher betrachtet werden.

Die bemannten Frei- unbemannten Registrierballone wurden vornehmlich in Berlin, Straßburg, Paris, St. Petersburg, seltener in München und Warschau, später auch in Wien und Sitten (Rhonetal) gestartet. Neben dem Vergleich unterschiedlicher Thermometerkonstruktionen, -installationen und -ablesmethoden ermöglichten sie zum ersten Male eine „Synopsis der höheren Atmosphärenschichten“ (R. Assmann) und bedeuteten damit dem Wesen nach den Beginn einer synoptischen Aerologie, wenn auch der Begriff der Aerologie im heutigen Sinne erst im Jahre 1905 geprägt wurde (W. Köppen). Im Gefolge der Simultanaufstiege wurden erstmals auf Grund realer Messungen und Beobachtungen in der freien Atmosphäre räumliche Vertikalschnitte der Temperatur und der Lage von Wolkenschichten in atmosphärischen Druckgebilden entworfen (Assmann), die asymmetrische thermische Struktur der Zyklonen und Antizyklonen an Hand von Einzelfällen sowie das mehrfache Auftreten unerwartet starker horizontaler Temperaturgradienten bis in große Höhen nachgewiesen und erste Versuche zur Konstruktion von „Höhenisobaren“ für ausgewählte Wetterlagen unternommen (H. Hergesell).

Weitere bemerkenswerte Einzelergebnisse betrafen z.B. das Vorkommen ausgedehnter Inversionsschichten in der freien Atmosphäre, das Auftreten hoher Windgeschwindigkeiten über dem Alpenkamm oder die aerosynoptischen Bedingungen für die Spätfröste im Mai. In der theoretischen Interpretation der Meß- und Beobachtungsergebnisse dominierten Aussagen über Vertikalbewegungen und über Beziehungen zwischen Luftdruck- und Windfeld, ohne daß beispielsweise in der Streitfrage nach dem thermischen Aufbau der Druckgebilde wesentlich neue, verallgemeinerungsfähige Ergebnisse vorgestellt worden wären.

GESCHICHTE DES ÖSTERREICHISCHEN KLIMAMESSNETZES UND IHRE RELEVANZ FÜR DIE HOMOGENITÄT VON KLIMAZEITREIHEN

Reinhard Böhm, Ingeborg Auer, Wolfgang Schöner, Österreich

Das Studium der Geschichte eines Wetterdienstes ist nicht nur für Wissenschafts-Historiker von Interesse, die Kenntnis über die im Lauf der Zeit veränderlichen Messmethoden, Instrumente, deren Aufstellung, deren Umgebung, von Beobachtungsvorschriften, Beobachtungsterminen etc. (Meta-Daten) ist darüber hinaus eine unverzichtbare Basis, um mit Hilfe dieser Meta-Daten die Mess- und Beobachtungsdaten selbst einer mit dem heutigen Zustand vergleichenden Homogenitäts-Analyse zu unterziehen. Ohne Kenntnis der Meta-Daten, mit mathematischen Homogenitätstests allein, ist die angestrebte Zielvorstellung einer klimatologischen Zeitreihenanalyse der Klimavariabilität der instrumentellen Periode nur unvollkommen erreichbar.

Der Beitrag verwertet die Ergebnisse einer umfangreichen Meta-Daten Analyse, die im Rahmen des Projekts ALOCLIM (Austrian long-term climate) für die österreichischen Haupt-Klimastationen mit langen Zeitreihen von mehreren Klimaelementen durchgeführt wurde. Das erste Resultat der Analyse waren ausführliche Meta-Files der Einzelstationen, die alle verfügbaren Informationen enthalten über kleinere und größere Ortswechsel (Seehöhe, Höhe über Grund, topographische Besonderheiten...), über Änderungen der Umgebung (Landnutzung, Urbanität,...), die Beobachter, die Beobachtungszeiten, die Aufstellungsart der Instrumente (Wetterhütten, Abschattung,...) und schließlich über die Instrumente selbst (Instrumentenwechsel, neue Technologien,...).

Diese Meta-Daten der Einzelstationen wurden zur Beurteilung der mathematischen Homogenitätstests verwendet, die ja keine sicheren sondern nur unterschiedlich wahrscheinliche Hinweise auf evt. existierende nichtklimatologische Inhomogenitäten in den Reihen liefern. Von den 790 in den Zeitreihen mathematisch aufgedeckten Inhomogenitäten konnten 72% Hinweisen in den Meta-Daten zugeordnet werden. Die Zuordnung war je nach Klimaelement unterschiedlich, in den meisten Fällen waren an einer Inhomogenität mehrere gleichzeitige Änderungen beteiligt.

Von größtem Interesse waren Änderungen die nicht nur Einzelstationen betrafen, sondern die systematische Änderungen der Messtechnik (Typen von Geräten, Automatisierung, etc...), der Messphilosophie (Ombrometer nahe der Oberfläche oder auf hochgelegenen Messplattformen, Thermometer im Schatten von Gebäuden oder in freistehenden Wetterhütten, etc...), der Umgebung (steigende Urbanität kontra Verlegung von den Stadtkernen auf Flugplätze, etc...), der Beobachtungszeiten und anderer Parameter für das gesamte Messnetz verursachten. Derartige generelle Änderungen sind, besonders wenn sie gut organisiert und gleichzeitig auftreten, das größte Problem bei der Anwendung relativer Homogenitätstests (die ja auf dem Vergleich von gestörten mit ungestörten Reihen beruhen). Die Analyse des Meta-Datenmaterials ergab in der mehr als 200-jährigen Geschichte des österreichischen Klimamessnetzes eine Reihe von solchen systematischen Änderungen. Manche verliefen über längere Zeiträume (etwa der Übergang zu freistehenden Jalousiehütten, oder der jeweilige Ersatz von 4 Grundtypen von Barometern) einige, wie etwa die schlagartige Umstellung des Termins der Abendbeobachtung von 21 auf 19 Uhr (1970/1971) erfolgten plötzlich.

Speziell das Vorhandensein systematischer genereller Änderungen im Klimamessnetz zeigen die Notwendigkeit der Kenntnis der geschichtlichen Entwicklung bei der Homogenisierung von Klimazeitreihen. Internationale Anstrengungen ohne Miteinbeziehung der Datenerzeuger selbst laufen bei der Homogenisierung nur mit mathematischen Methoden allein sehr leicht in systematische Fehleinschätzungen. Als abschließendes Beispiel seien hier die beiden Langzeit-trends der Lufttemperatur und des Luftdrucks erwähnt, die in den oft verwendeten globalen bzw. europäischen Datensätzen der CRU - East Anglia in den Österreich überdeckenden Gitterflächen den Temperaturtrend der letzten 100 Jahre um 0,5 Grad unterschätzen, den Luftdrucktrend über lange Zeiträume sogar im Vorzeichen falsch einschätzen. Die negativen Auswirkungen derartiger Mängel bei der Anwendung dieser Datensätze für Methoden wie räumliche Mustererkennung oder die Ableitung von Zirkulationsindizes sind evident – sie könnten durch vermehrten Einsatz von Meta-Daten der Stationsgeschichte vermindert oder vermieden werden.

FRÜHE METEOROLOGISCHE LEHRBÜCHER GRUNDSÄTZE DER METEOROLOGIE VON SCHÜBLER (1831)

Stefan Emeis, Deutschland

Nachdem sich zum Ende des 18. Jahrhunderts die einzelnen Disziplinen der Naturwissenschaften herausgebildet hatten, werden auch die ersten fachspezifischen Lehrbücher geschrieben. Hierzu gehören neben Lampadius' Atmosphärologie von 1806 und Brandes' Beiträge zur Witterungskunde von 1820 auch heute weniger bekannte Werke wie die Grundsätze der Meteorologie von Professor G. Schübler von 1831. Ein Grund für die mangelnde Bekanntheit dieses Buches dürfte sein, dass es nicht selbständig sondern als Teil der "Allgemeinen Encyclopädie der gesammten Land- und hauswirthschaft der Deutschen" erschien. Der Autor entsprach dem Wunsch der Redaktion dieser 12-bändigen Encyclopädie die Bearbeitung der Meteorologie als Beilage zum Band über die Agriculturchemie zu übernehmen, da - wie Schübler im Vorwort schreibt - dieser Gegenstand (also die Meteorologie) mit der auf Landwirthschaft angewandten Physik und Chemie in so vielfacher Beziehung steht und sich die Lehren von beiden häufig wechselseitig unterstützen.

Schübler war ordentlicher Professor an der Universität zu Tübingen. Sein Fachgebiet lag im Bereich der Botanik und Landwirtschaft, er hat im Rahmen der genannten Encyclopädie auch die beiden Teile über die Agriculturchemie verfasst. In der meteorologischen Literatur wird er kaum zitiert, auch in Schneider-Carius' Geschichte der Wetterkunde von 1955 findet er keine Erwähnung.

Trotz seiner scheinbaren Fachfremdheit legte Schübler eine in zwölf Teile gegliederte umfassende Darstellung des damaligen meteorologischen Wissens vor. Am Ende jedes der zwölf Teile finden sich für den entsprechenden Monat mittlere klimatologische Daten für verschiedene Orte in Deutschland sowie Angaben über die Auswirkung der Witterung.

Der Vortrag wird dieses frühe Lehrbuch vorstellen und es in die Entwicklungsgeschichte der Meteorologie einordnen.

**FLUCTUATIONS OF EXTREMELY COLD AND WARM MONTHS
IN THE CZECH REPUBLIC DURING THE PERIOD OF INSTRUMENTAL RECORDS**

Rudolf Brázdil, Jan Písek, Vít Květoň, Czech Republic

Based on homogeneous temperature series of 93 meteorological stations of the Czech Republic (CR), extremely warm and cold months according to critical thresholds of the Gaussian distribution in the reference period 1961-1990 are selected. Changes in their temporal and spatial variability over the territory of the CR are analysed for 1961-2000. Temporal fluctuations in different part of the CR are compared with extremes in the average series calculated from data of 93 station for the whole CR. Circulation patterns of extremely cold and warm months are analysed with regards to sea surface pressure and 500 hPa geopotential heights charts. Fluctuations of temperature extremes in 1961-2000 are compared with fluctuations in secular temperature series of Prague-Klementinum (1771-2000), Brno-airport (1891-2000) and Milešovka Mt. (1905-2000). Comparison with neighbouring European countries is presented.

**DISCOVERY OF A DESCRIPTION OF CLIMATE AND ENVIRONMENT
IN MORAVIA FROM THE END OF THE 18TH CENTURY**

Jan Munzar, Czech Republic

The so far oldest quantitative description of climate in Moravia was considered to be the one published in the year 1815. A new description was discovered as a part of the manuscript deposited in the Moravian Provincial Archives in Brno whose name is *Anleitung zur Kenntniss der Erbmarkgrafftums Mähren* and whose author is Ch. von Passy, professor of politic sciences from the lyceum in Olomouc. In the chapter on climate Ch. von Passy made use of meteorological measurements and observations made by J. Gaar, professor of natural science at the same school in the 90s of the 18th century. It follows out from the context that as far as meteorology was concerned, the contacts of Prof. Gaar with Vienna were close.

HEINRICH V. FICKERS FÖHNFAHRTEN IM GASBALLON

Reinhold Steinacker, Österreich

Zu Beginn des letzten Jahrhunderts unternahm der Meteorologe H.v. Ficker erstmals in der Geschichte Ballonfahrten zur Erforschung des Föhns. Von Innsbruck aus startete er mehrmals und konnte dabei bahnbrechende Entdeckungen machen. Er war wohl der erste Mensch, der die Heftigkeit (und Lebensgefährlichkeit!) der Vertikalbewegungen durch Leewellen am eigenen Leib verspürte. Die Messungen der Temperatur, des Druckes und der Feuchte erlaubten ihm erstmalig, die thermodynamische Struktur einer Föhnströmung in der freien Atmosphäre aufzuzeichnen. Auch die Beschreibung der Augenbeobachtungen bestätigt eindrücklich, dass er vor knapp hundert Jahren ein Tor zu neuen Dimensionen in der Föhnforschung aufzutun konnte, die bis heute ihre Aktualität nicht verloren hat.

**FELIX MARIA EXNER: EIN GELEHRTER WIENER UND
WICHTIGER PIONIER DER DYNAMISCHEN METEOROLOGIE**

Hans Volkert, Deutschland

Felix Maria EXNER (geb. am 23.8.1876 in Wien, gest. am 7.2.1930 ebd.) arbeitete von 1900-1910 und von 1917-1930 an der Zentralanstalt, in der zweiten Periode als ihr Direktor.

Der Beitrag beleuchtet einige seiner Pionierleistungen in der dynamischen Meteorologie, wie die erste numerische Berechnung der vierstündigen Bodendruckänderung über einem ganzen Kontinent, Laborexperimente mit einem unterschiedlich geheizten, rotierenden Annulus, Korrelationsanalysen in grossräumigen Bodendruckmessnetzen, oder die innere Struktur von jungen Zyklonen und ihren Frontalzonen. Abschliessend wird eine Wertung versucht von Exners Wirkung zu Lebzeiten und nach seinem plötzlichen Tod.

TROPICAL-EXTRATROPICAL INTERACTIONS ON TIME SCALES FROM SYNOPTIC TO GENERAL CIRCULATION

Dayton G. Vincent, USA

It is well known that, on a global basis, heat, momentum and energy are transported from low latitudes toward higher latitudes; therefore, tropical-extratropical interactions are inevitable. This presentation focuses on some of the circulation features that are related to, and perhaps responsible for, these interactions over a range of temporal scales from synoptic to general circulation. Examples that will be illustrated include the: Hadley circulation; South Pacific convergence zone (SPCZ); Pacific-North American (PNA) teleconnection; North Atlantic oscillation (NAO); El Niño/La Niña impacts; Madden-Julian oscillation (MJO); sub-monthly (1-3 week) oscillations; tropically-forced subtropical jets; and recurving tropical cyclones.

One of the examples, the SPCZ, contains a convective cloud band that is evident in all seasons, but more expansive and intense during southern summer. It stretches from the equatorial western Pacific, southeastward to the mid-latitude central Pacific. An examination of the cloud band, however, on less than seasonal time scales, reveals that when convective activity is strong at 0N, 150E it is weak or absent at 20S, 165W, and vice versa. Moreover, there is an oscillation of this activity on 1-3 week time scales. Another example that will be shown is the atypical case that existed during the 1997-1998 El Niño with regard to weather/climate in the mid-western USA. Normally, the expectation is for drier-than-normal weather. In January 1998, however, it was much wetter-than-normal. The reason for this is explored. Examples will also be shown of the significance that tropical heat sources (e.g., MJOs, tropical cyclones) have on mid-latitude wave activity and subtropical jets.

DIE BEDEUTUNG VON AFRIKANISCHEN „EASTERLY WAVES“ FÜR DEN MONSUNNIEDERSCHLAG IN WESTAFRIKA

A. H. Fink, P. Speth, Deutschland

Im Gefolge von GATE (GARP Atlantic Tropical Experiment) entstanden bedeutende Arbeiten (z.B. Reed et al., 1977; Payne und McGarry, 1977), welche den später häufig zitierten Zusammenhang zwischen der Passage einer „African Easterly Wave (AEW)“ und dem Auftreten von Niederschlägen aufzeigten. Die nicht ortsbezogenen GATE-Kompositstudien ergaben, daß die Niederschläge mit einer maximalen Wahrscheinlichkeit trogvorderseitig und häufig in Form von Böenlinien (engl. „squall lines, SLs“) fallen. Die Beiträge dieser Böenlinien zum Gesamtmonsunniederschlag liegen bei etwa 30% an der Guineaküstenzone, bei 50% in der Sudanzone und bei über 75% in der Sahelzone. Spätere Arbeiten finden im zentralen Sahel um Niamey (siehe z.B. Rowell und Milford, 1993) und in der Sudanzone bei Minna (Nigeria) keinen Zusammenhang zwischen AEW-Passagen und SL-Niederschlägen. Ihren Untersuchungen liegen aber nur kurze, etwa einmonatige Untersuchungszeiträume zugrunde.

Im vorliegenden Beitrag wird die Rolle der AEWs für den Monsunniederschlag typischer Anomaliejahre untersucht. Dies sind gesamtwestafrikanische Feucht- (1988, 1999) und Trockenjahre (1990) und sogenannte Dipoljahre mit feuchter/trockener Guineaküstenregion und trockenem/feuchtem Sahel (1987/1998). Die Untersuchungen stützen sich auf synoptische und Radiosondendaten sowie auf die (Re)Analysen des Europäischen Zentrums für Mittelfristige Wettervorhersage (EZMW).

Mit Hilfe einer auf beiden Datenquellen gestützten sorgfältigen Analyse der Passage von AEWs im Zeitraum vom 15. Juli bis 15. September wird gezeigt, daß AEWs in der Region um Niamey im Trockenjahr 1990 signifikant weniger (35%) zum Gesamtniederschlag beitragen als im Feuchtjahr 1988 (62%). Hierbei wurden als mit einer AEW-Passage verknüpfte Niederschläge solche Ereignisse angesehen, welche bis zu $\frac{1}{4}$ Wellenlänge vor der Trogpassage auftreten. Als Ursachen der reduzierten Bedeutung von AEWs für den Monsunniederschlag im Trockenjahr werden der kombinierte Effekt von weniger ergiebigen Niederschlägen und einer Zunahme von „AEW-Passagen“ ohne nennenswerten Niederschlag identifiziert. Weiter westlich, z.B. in Bamako, hat sich im Trockenjahr dagegen in erster Linie nur die Ergiebigkeit der Niederschläge während einer AEW-Passage deutlich verringert. Interessanterweise tragen die Tage vor einer Trogpassage an der Atlantikküste südlich von Dakar in beiden Extremjahren nicht signifikant zum Gesamtniederschlag bei.

Als mögliche Ursachen der geringeren oder ausbleibenden Niederschläge bei AEW-Passagen werden folgende, teilweise korrelierte Einflußfaktoren diskutiert: (a) der Abstand zwischen Oberkante der Monsunschicht und der Höhe der Achse des niedertroposphärischen Ostjets (AEJ); (b) die Lage und Intensität des obertroposphärischen Ostjets; (c) die Feuchteflüsse und -vergenzen; und (d) die statische Stabilität von Luftpaketen in der Grenzschicht.

DER EINFLUSS ATMOSPHÄRISCHER ASYMETRIEN AUF DIE INTENSITÄTSÄNDERUNGEN TROPISCHER ZYKLONE

Dominique Möller, Deutschland

Vorhersagemodelle des europäischen Zentrums für mittelfristige Wettervorhersage und das Büro des meteorologischen Forschungszentrums in Melbourne, Australien, haben deutlich die Notwendigkeit gezeigt, die Tropen und vorallem tropische Wirbelstürme in den Vorhersagemodellen darzustellen, um die Wetter- und Klimavorhersagen zu verbessern. Das Ziel dieses Forschungsgebietes ist es, einen Beitrag zu leisten, die Bahnvorhersage und Änderung der Intensität tropischer Wirbelstürme besser zu verstehen, um es möglich zu machen, die Darstellung tropischer Zyklone, und damit der Tropen in den Vorhersagemodellen zu verbessern.

Satelliten- und Radarbeobachtungen von tropischen Wirbelstürmen zeigen, dass sich nahe des Zentrums des Sturms während der Entwicklung und Verstärkung immer wieder konvektive Wolkensysteme bilden, die begleitet werden von spiralartigen konvektiven Bändern. Diese Beobachtungen zeigen deutlich, dass der Entwicklungsprozeß des Sturms nicht nur achsensymmetrisch ist, wie oft angenommen wird, sondern auch asymmetrisch.

In der hier vorliegenden theoretischen Arbeit wurden die Intensivierung und Strukturänderung von Wirbelstürmen durch das Zwischenspiel von asymmetrischen Wellen der Umgebung mit dem Grundstrom, der sog. wave-mean-flow interaction untersucht und erklärt. Während sich eine asymmetrische atmosphärische Anomalie (z.B. in Verbindung mit einem Trog), dargestellt durch die potentielle Vorticity (PV), um den Wirbel dreht, kann sie die eigene Energie an den Wirbel abgeben. Während dieses Prozesses wird die Anomalie schwächer und immer mehr symmetrisch, bis sie durch die radial unterschiedliche Rotation des Wirbels, ganz verschwindet (Montgomery und Kallenbach 1997, Möller und Montgomery 1999). Entsprechend der Stärke der Anomalie kann sich eine Eigenmode entwickeln, die den Wirbel beeinflusst. In dreidimensionalen Experimenten wurde der Wirbel mehrmals mit Anomalien initialisiert und es war möglich, mit Hilfe dieses "Pulsierens" aus einem schwachen Wirbel von ca. 15 m/s einen starken hurrikanähnlichen Wirbel von 40 und mehr m/s zu kreieren (Möller und Montgomery 2000). Diese hier beschriebene Theorie kann in der Lage sein, die Dynamik vom Zwischenspiel zwischen Anomalien und Wirbelsturm besser zu verstehen und damit den Effekt auf die Struktur- und Intensitätsänderung (und damit gleichzeitig die Bahnvorhersage) teilweise zu erklären. Die gefundenen Ergebnisse zeigen, dass es zur häufigen Annahme, dass sich ein Wirbelsturm durch symmetrische Prozesse (Quellen) verstärkt, eine Alternative gibt: auch durch rein asymmetrische Prozesse kann sich ein Wirbelsturm verstärken. So ist es möglich, dass sich ein schwacher Sturm in einen starken Wirbelsturm entwickeln kann - nur durch das Vorhandensein von Asymmetrien - auch wenn symmetrische energiespendende Quellen fehlen.

THE INTENSIFICATION OF HURRICANE OPAL IN A GFDL MODEL FORECAST: SYMMETRIC AND ASYMMETRIC CONTRIBUTIONS

Lloyd Shapiro, Deutschland

To a first approximation a hurricane is a symmetric vortex circulation. Stationary and propagating asymmetric features of atmospheric or oceanic origin near the tropical cyclone are known, however, to be ubiquitous features that have an impact on the hurricane. The precise manner in which either environmental or near-core region asymmetries weaken or intensify the hurricane circulation is not yet well understood. Moreover, no consensus has yet been reached as to whether "internal" or "external" dynamics is key to subsequent development. The theoretical studies of Montgomery and coworkers, and Möller and Montgomery (1999, 2000) in a dry context, as well as Shapiro (2000) in a moist context, have provided fundamental insights into interactions between asymmetries and a tropical cyclone. In particular, it is confirmed that there exists an alternative means of tropical cyclone intensification to the symmetric mode. These results require confirmation using real data. Our new research uses real-data forecasts from the Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (GFDL) hurricane model to diagnose the influence of convective heating, friction, and potential vorticity (PV) asymmetries on tropical cyclone intensity.

Work by Molinari and coworkers has evaluated the contributions of eddy heat and momentum fluxes due to environmental features on the intensification of tropical storms. Their studies give some insights into the asymmetric influences on the symmetric secondary circulation and thus the evolution of the symmetric cyclone. Due to data limitations, however, Molinari and coworkers were not able to evaluate the contributions due to potentially important convective forcing. The GFDL model data includes convective heating and so allows the explicit evaluation of its effects. Persing et al. evaluated symmetric and asymmetric contributions to the intensification of Hurricane Opal of 1995 in a GFDL forecast. Their study evaluated only the various mean and eddy forcings in the tangential momentum budget, however, and therefore could not evaluate the contributions from eddy fluxes and symmetric or asymmetric heating or friction to the symmetric secondary circulation.

The present research (Möller and Shapiro 2001), by contrast, uses the symmetric balanced model formulation of Eliassen and its extension to asymmetric balance (AB) by Shapiro and Montgomery to evaluate the impact of heating, friction and eddy fluxes on the intensification of Hurricane Opal in the GFDL model. The formulation is in cylindrical coordinates, with the symmetric vortex as the basic state and asymmetries as the environment. The application of AB, which is the only balanced formulation that explicitly includes the effects of asymmetric heating and friction, requires the use of PV inversion to isolate the balanced asymmetric wind and height fields associated with the asymmetric PV.

Results of the study indicate that the symmetric tangential wind acceleration in the inner core of Hurricane Opal due to symmetric heating and friction is much greater than that from asymmetric eddy forcing. Also, the symmetric tangential wind acceleration computed from Eliassen's balanced formulation is ~ twice as large as that derived directly from the GFDL model. The diagnostics imply that an unbalanced secondary circulation, acting like that induced by a momentum sink in unstable (and unbalanced) parts of the vortex, tends to oppose the acceleration. Moreover, asymmetric heating and friction tend to accelerate the inner core of the hurricane, opposing the deceleration induced by the asymmetric PV.

BAHNVORHERSAGE TROPISCHER ZYKLONE MIT EINEM BAROTROPEN MODELL

Harry Weber-Philipp, Deutschland

Ein neues barotropes Vorhersagesystem (WBAR) fuer die Bahnen tropischer Zyklone, das im Laufe des letzten Jahres am Meteorologischen Institut der Universitaet Muenchen entwickelt wurde, wird vorgestellt. Das System besteht aus einem Verfahren zur Initialisierung globaler Datenfelder, einem Verfahren zur Spezifikation tropischer Zyklone in numerischen Modellen und einem Flachwassermodell zur Bahnvorhersage.

Durch eingehende Tests des neuen Vorhersagesystems mit globalen Daten des National Centers for Environmental Predictions (Washington, DC, USA) und des Naval Research Laboratories (NRL, Monterey, CAL, USA) konnte gezeigt werden, dass WBAR imstande ist, qualitativ hochwertige Bahnvorhersagen tropischer Zyklone zu erstellen. Mit mittleren Positionsfehlern von 233 bzw. 317 km nach 48 bzw. 72 Stunden Vorhersagezeit zaehlt es zu den besten derzeit existierenden Bahnvorhersagemodellen.

Aufgrund der erfolgreichen Tests wird WBAR derzeit am NRL fuer die operationelle Bahnvorhersage vorbereitet. Semioperationelle Tests im Atlantik, Nordost- und Nordwestpazifik sind fuer die Hurrikan- bzw. Taifunseason 2001 geplant. Ausserdem wird das neue System im Sommer 2001 am australischen Bureau of Meteorology Research Centre implementiert.

DER ZUSAMMENHANG ZWISCHEN AFRIKANISCHEN "EASTERLY WAVES" UND MESOSKALIGEN KONVEKTIONSNIEDERSCHLÄGEN IN WESTAFRIKA UNTER VERWENDUNG DER MIKROWELLENFERNERKUNDUNG VON REGENRATEN

A. Reiner, A.H. Fink, P. Speth, Deutschland

Diese Arbeit soll zum Verständnis der die drei letzten Dezennien des 20. Jahrhundert prägenden Saheltrockenheit beitragen, indem der raum-zeitliche Kopplungsgrad zwischen synoptischen "African easterly waves" (AEWs) und den mesoskaligen Konvektionsniederschlägen untersucht wird. Die wichtigsten regenproduzierenden mesoskaligen Systeme sind die "squall lines" (SLs), welche mehr als 50% des jährlichen Niederschlags in der Sahel- und Sudanzone verursachen. Daher werden zunächst für das Jahr 1998 für einen 6-monatigen Zeitraum (Mai bis Oktober) die SL- und AEW-Eigenschaften untersucht (Anzahl, Intensität, usw.). Die Identifikation der AEWs erfolgt mit Hilfe der operationellen EZMW-Analysen, wohingegen für die Untersuchung der SLs passive Mikrowellenverfahren zur Bestimmung der Regenrate sowie zur Verfolgung der SLs Infrarot-Bilder von METEOSAT verwendet werden. Für die Verwendung der passiven Mikrowellenverfahren stehen die Daten von der "Tropical Rainfall Measuring Mission" (TRMM) und den drei Satelliten F11, F13 und F14 des "Defense Meteorological Satellite Program" (DMSP) zur Verfügung. Dabei wurde für diese vier Satelliten der von Ferraro und Marks (1995) entwickelte Algorithmus zur Bestimmung von Regenraten mit Hilfe von Regensammelmessungen und dem Regenradar von TRMM für die westafrikanische Region weiterentwickelt.

Die Untersuchung des Niederschlags hat ergeben, daß es sich 1998 um ein Dipoljahr handelt, mit negativen Niederschlagsanomalien an der Guineaküste und positiven Anomalien in weiten Teilen der Sahelzone. Eine nähere Betrachtung der einzelnen Monate zeigt, daß von Mai bis Juli speziell die Tschadseeregion und der westliche Teil der Sahelzone zu trocken waren. Insbesondere traten im Juli große Niederschlagsdefizite auf. Dagegen erwiesen sich der August und besonders der September in der gesamten Sahelzone als zu feucht. Der "African Easterly Jet" (AEJ) lag im Juli höher und war gleichzeitig schwächer als im August und September. Damit verbunden, zeigte sich eine schwächere AEW-Aktivität südlich des AEJs. Die SL-Aktivität war im Juli ebenfalls deutlich reduziert. So traten zum einen deutlich weniger und kurzlebige SLs in diesem Monat auf als im August und September, zum anderen begannen im August und September viele SLs weiter östlich. Letzteres führte zu deutlich positiven Niederschlagsanomalien in der Tschadseeregion im August und September. Des weiteren wird eine Statistik über die Beziehung zwischen der Phase der AEWs und dem Lebenszyklus der SLs präsentiert. Außerdem ist eine fortführende Untersuchung für das Jahr 1999 geplant, in welchem sowohl die Guineaküste als auch die Sahelzone anomal feucht waren.

SENSITIVITÄTSSTUDIEN MIT EINEM HOCHAUFLÖSENDEN MESOSKALIGEN MODELL ZUR WECHSELWIRKUNG VON LANDOBERFLÄCHEN-STRUKTUREN UND NIEDERSCHLAG IN WESTAFRIKA

Martin Sogalla, Heike Hübener, Michael Kerschgens, Deutschland

Die Rückkopplung zwischen Landoberflächen-Struktur und Niederschlagstätigkeit gilt allgemein als kritischer Faktor für den Wasserhaushalt in Gebieten nördlich und südlich der Sahara. Während die hieran beteiligten Mechanismen grundsätzlich bekannt sind, besteht Klärungsbedarf für die konkrete Bedeutung der Wechselwirkung zwischen Landoberflächen und Niederschlag in spezifischen Regionen. In entsprechenden Untersuchungen muß die Komplexität realer Landoberflächen wirklichkeitsnah berücksichtigt werden.

Im Rahmen des Projekts IMPETUS (Integratives Management Projekt für einen Effizienten und Tragfähigen Umgang mit Süßwasser in Westafrika) werden mit dem hochauflösenden mesoskaligen Modell FOOT3DK (Flow Over Orographically Structured Terrain, 3-Dimensional, Köln Version) Fallstudien zur Bedeutung der Landoberfläche für Verdunstung und Niederschlag durchgeführt. Die Untersuchungen verfolgen insbesondere die Abschätzung von Toleranzbereichen für die Veränderung der Oberflächennutzung, bei deren Überschreiten gravierende Veränderungen im Niederschlagsaufkommen zu erwarten sind. Diese dient im Rahmen von IMPETUS als Entscheidungshilfe für zukünftige Bewirtschaftungsstrategien.

Die Methodik stützt sich wesentlich auf Sensitivitätsstudien. Hierzu werden Niederschlagsereignisse unter systematischer Variation der Boden- und Oberflächenparameter, der hydrologischen Initialfelder und der atmosphärischen Bedingungen modelliert. Die Simulationen erfolgen auf einer Hierarchie von mehreren Komplexitätsstufen, die zum einen ein vertieftes Verständnis der beteiligten Prozesse, zum anderen die Beurteilung des Gültigkeitsbereichs von Idealisierungen ermöglicht. Sie umfaßt eindimensionale Ensemblestudien, Experimente mit hochaufgelöster Heterogenität der Oberfläche bei horizontal homogenen atmosphärischen Bedingungen sowie dreidimensionale Integrationen mit Antrieb durch größer-skalige Vorhersage- und Klimamodelle. Auf der letztgenannten Stufe werden horizontale Auflösungen von bis zu 1 km für die Atmosphäre und bis zu wenigen 100 m für die Oberfläche erreicht.

Erste Ergebnisse liegen für eine eindimensionale Ensemblestudie von 375 Modellläufen mit unterschiedlichen Anfangs- und Randbedingungen für das Oberflächenschema des Modells vor. Ihre statistische Auswertung mittels der Singular-Value-Decomposition (SVD)-Technik zeigt eine deutliche Separation zwischen der Bedeutung des anfänglichen Wassergehalts und jener der Oberfläche. Dabei übt der Anfangs-Wassergehalt einen stärkeren Einfluß aus als die Randbedingungen. Die Sensitivität des Niederschlags für die Vegetation ist vor allem bei geringen bis mittleren Wassergehalten beträchtlich. Neben der Vegetation kommt den Bodenspeichereigenschaften insbesondere bei trockenen Situationen eine merkliche Bedeutung zu. Somit sind trockene Situationen auch in Bezug auf die benötigte Genauigkeit der Bodenparameter als kritisch einzustufen.

Die Untersuchungen werden auf Simulationen mit höherer Komplexitätsstufe ausgedehnt. Dazu wird FOOT3DK an das Lokalmmodell des Deutschen Wetterdienstes gekoppelt. Durch die Realisierung dieser Modellkette wird für die IMPETUS-Untersuchungsregionen in Marokko und Benin die Komplexität der regionalspezifischen Bedingungen in die Untersuchungen einbezogen. Die Modellkette wird in IMPETUS auch als Werkzeug zur hochauflösenden Niederschlagsprognose und zum Antrieb hydrologischer Modelle genutzt werden.

DIE 30-60 TAGE OSZILLATION IN DEM GEKOPPELTEN ATMOSPÄRE-OZEAN MODELL ECHAM4/OPYC3

Stefan Ließ, Lennart Bengtsson, Klaus Arpe, Deutschland

Beobachtungen im 200hPa Geschwindigkeitspotential zeigen in Äquatornähe eine ostwärtswandernde Oszillation mit einer Periode von 30 bis 60 Tagen. Sie ist auf Wechselwirkungen von äquatorialen Kelvinwellen und Rossbywellen zurückzuführen und wird auch als "Madden-Julian Oszillation" (MJO) oder "Intrasaisonale Oszillation" (IO) bezeichnet. Ihre Entstehung im Indischen und westlichen Pazifischen Ozean ist auf hochreichende Konvektion auf Grund der hohen Meeresoberflächentemperatur zurückzuführen. In den Monaten Oktober bis Mai ist die Oszillation am stärksten ausgeprägt.

In dieser Studie wird mit Hilfe der Principal Oscillation Pattern (POP) Analyse gezeigt, daß das gekoppelte Atmosphäre-Ozean Modell ECHAM4/OPYC3 in der Lage ist, den Charakter dieser Oszillation wiederzugeben. Ein Vergleich mit den Reanalyse-Daten des Europäischen Zentrums für mittelfristige Wettervorhersage (EZMW) bestätigt, daß die interannuale Variabilität der Oszillation im Modell dargestellt werden kann. Die maximale Amplitude tritt jedoch nicht über dem maritimen Kontinent auf, sondern ist leicht nach Osten zum westpazifischen Warmpool verschoben. Eine Erhöhung der horizontalen Auflösung des Atmosphäre Modells ECHAM4 von T42 auf T106 liefert eine Verbesserung, da in der gekoppelten T42-Version die im Vergleich zum Ozean relativ kühlen Landpunkte des maritimen Kontinents überrepräsentiert sind und daher weniger organisierte Konvektion zulassen.

Es läßt sich an Hand einer Fallstudie feststellen, daß die Oszillation starke Westwindausbrüche in der unteren Troposphäre auf Grund der Konvergenz unterhalb einer Schicht konvektiven Auftriebs produziert. Diese können sowohl in den Beobachtungen als auch im gekoppelten Modell ozeanische Kelvinwellen auslösen, die eine Verschiebung des westpazifischen Warmpools nach Osten bewirken und damit die Auslösung eines El Niño Ereignisses begünstigen. Der ENSO Zyklus wird ebenfalls im Modell wiedergegeben.

Es zeigt sich, daß die maximale Amplitude der 30-60 Tage Oszillation im Frühjahr eines El Niño Jahres durch die veränderte zonale Zirkulation abgeschwächt und nach Osten in den zentralen Pazifik verschoben ist. Die ebenfalls nach Osten verschobenen starken Westwindausbrüche schwächen die Passatwinde in der unteren Troposphäre ab und begünstigen damit ebenfalls das El Niño Ereignis.

**EINFLUß DER VERTIKALVERTEILUNG DES WASSERDAMPFES
AUF DEN LEBENSZYKLUS INTRASAISONALER KONVEKTIONSSCHWANKUNGEN
ÜBER DEM TROPISCHEN INDOPAZIFIK**

P. Allard, A. H. Fink, P. Speth, Deutschland

In den Tropen ist die Madden-Julian-Oszillation (MJO) das stärkste bekannte Konvektions- und Zirkulationsphänomen auf der innerjahreszeitlichen Zeitskala. Während die Struktur und die Energetik der MJO gut dokumentiert sind, sind die Ursachen der Auslösung des Konvektionssignales im Westindik, seiner unsteten Ostwärtsverlagerung und die Ursachen seiner interannualen Variabilität bis jetzt noch weitgehend ungeklärt.

Einen Ansatz zur Erklärung sowohl der interannualen Variabilität der MJO als auch ihres unsteten Propagationsverhaltens ist die sogenannte „Discharge-Recharge“-Theorie von Bladé und Hartmann (1993). Nach dieser Theorie kontrollieren niederfrequente Schwankungen der statischen Stabilität das Auftreten und die Verlagerung der konvektiven MJO-Ereignisse. Die Periode der MJO wird durch die Aufladezeit der feuchtstatischen Energie über dem Indischen Ozean, wo die Konvektion der MJO üblicherweise anfängt, beeinflusst. Ist die Atmosphäre hinreichend instabil, kann durch einen quasi-stochastischen Anfachungsmechanismus (von Bladé und Hartmann werden extratropische Rossby-Wellen oder „cold surges“ als Beispiele vorgeschlagen) das nächste MJO-Ereignis ausgelöst werden. Ein einmal entstandenes MJO-Ereignis verbraucht großräumig diese feuchtstatische Energie und das Tempo, mit welchem es sich nach Osten verlagern kann, wird dadurch bestimmt, wie schnell stromab die feuchtstatische Energie nach dem vorhergehenden Ereignis wieder angestiegen ist.

Durch den Mangel an Beobachtungen über dem Indischen Ozean konnte diese Theorie bis heute nur ansatzweise überprüft werden. Viele Fragen bleiben noch offen: welche Ausprägung hat die Austrocknung der Atmosphäre nach Abzug der MJO-Konvektion? Welche charakteristische Anfeuchtungsskala ist anzusetzen? Werden die niederfrequenten Schwankungen der statischen Stabilität, welche die konvektiven MJO-Ereignisse beeinflussen, durch die Ent- bzw. Aufladezeit der feuchtstatischen Energie hauptsächlich in der Grenzschicht oder in der freien Troposphäre bestimmt bzw. ist die Zeitskala in beiden Niveaus wichtig? Diese Studie soll einen Beitrag zur Klärung dieser Fragen leisten.

Dazu stehen verschiedene Datensätze zur Verfügung. Es handelt sich zum einen um die Analysen der EZMW, zum anderen um Radiosondendaten im Indik und Westpazifik. Da dieses Radiosondenmeßnetz, besonders über dem äquatorialen Indischen Ozean spärlich und diskontinuierlich ist, werden Satellitendaten hinzugezogen. Es handelt sich um vertikal hochaufgelöste Feuchteprofile der CHAMP-Mission (Challenging Microsatellite payload for Geophysical Research and Application). OLR-Daten (Outgoing Longwave Radiation) aus Satellitenmessungen (NOAA) liegen ebenfalls vor. Zunächst werden die konvektiven MJO-Ereignisse mit Hilfe von Hovmöllerdiagrammen der OLR (NOAA) und des Geschwindigkeitspotentials (EZMW) identifiziert. Es werden dann Zeitreihen von verschiedenen Feuchte- und Stabilitätsparametern (spezifische Feuchte, CAPE/CIN, äquivalent-potentielle Temperatur, feuchtstatische Energie, etc.) aus den jeweiligen Datensätzen erstellt, um so die Austrocknung nach der Passage eines MJO-Ereignisses und die Wiederanfeuchtung der Atmosphäre (räumliche und zeitliche Skala) vor einem MJO-Ereignis untersuchen zu können. Außerdem wird der Frage nachgegangen, ob ein Schwellenwert der feuchtstatischen Energie, der Stabilität oder von CAPE/CIN erreicht werden muß, bevor das nächste MJO-Ereignis einsetzt.

MONSUNKLIMA - PHAENOMENOLOGIE VS. TOPOLOGIE: SYNTHESEVERSUCH & PLAEDOYER FUER EINEN TOPOLOGISCH FUNDIERTEN MONSUNBEGRIFF

Peter Carl, Deutschland

Die Nutzung von Konzepten der qualitativen Theorie dynamischer Systeme ("Chaostheorie") fuer das Verstaendnis des Zustandes und der Dynamik des Klimasystems sowie fuer die Prognose seiner kuenftigen Evolution ist unterentwickelt, obwohl sie wesentliche Wurzeln gerade in der Klimatologie hat und ihr Universalitaetsanspruch sowie die bisher gefundenen allgemeinen "Pfade ins Chaos" eine verlockende Perspektive zu bieten scheinen. Vertieft durch Verstaendigungsschwierigkeiten zwischen den 'Sub-Communities' und Burgmentalitaet, scheint die Kluft zwischen dem aus einfacheren Modellen ableitbaren qualitativen Verstaendnis und der 'Realitaet' hochaufloesender GCMs unueberbrueckbar. Dennoch gibt es gute Gruende, dem Einsickern systemdynamischer Konzepte und systemanalytischer Methoden in die komplexe Realitaet, auch der Modellwelten, Wege zu bahnen. Einer davon ist die noch unzureichend verstandene und modellierte Dynamik des planetaren Monsunsystems mit seinen saisonalen Subsystemen und raeumlich separaten, aber dynamisch interaktiven Zweigen, die die Lebensgrundlagen von Milliarden Menschen betrifft (und sich daher kaum als Arena fuer Befindlichkeiten anbietet).

Es ist in diesem Kontext wohl eher als Gluecksumstand anzusehen, wenn in einem relativ einfachen GCM klare Hinweise auf niederdimensionales Verhalten aufzufinden sind, das sich gerade in einer interessanten, mit der beobachteten Phaenomenologie qualitativ gut korrespondierenden Monsundynamik (zunaechst vor allem des Nordsommers) manifestiert. Dies bietet die Moeglichkeit, beobachtbare Phaenomene den in diesem Modell relativ umfassend sondierten Attraktormengen und ihren kritischen Uebergaengen (Bifurkationen) zuzuordnen und damit einen vorsichtigen Brueckenschlag vorzubereiten. Dessen Ziel koennte darin bestehen, Schluesselphaenomene zu identifizieren, die es gestatten, die strukturelle Entwicklung der Attraktormenge des Klimasystems bzw. seiner Modelle unter dem Einfluss sich veraendernder Randbedingungen indirekt zu verfolgen und miteinander zu vergleichen. Kandidaten fuer solche Phaenomene sind u.a. der zweistufige Einsatz und Rueckzug des borealen Sommermonsuns, der abrupte Verlauf der zweiten Phase dieses Prozesses, die schrittweise Expansion des tropischen Ostwind-Jets, die intrasaisonale Dynamik des Antizyklons ueber Tibet und der subtropischen Jets beider Hemisphaeren sowie der Low-level Jets, der episodische Charakter des meridionalen Vordringens der Asiatischen Monsunsysteme, die raum-zeitliche Trennung der suedasiatischen, und generell das Wechselspiel zwischen den einzelnen Monsunzweigen, Frequenz- und Phasensynchronisationen planetarer Wellen, das Verhalten des relativen atmosphaerischen Drehimpulses im Hochsommer, das Auftreten von Westwind-Ereignissen in der aequatornahen unteren Troposphaere sowie ihr Zusammenhang mit bestimmten Rueckzugspfaden des Sommermonsuns. Es ist zu vermuten, dass die interhemisphaerische Synchronisation zumindest dreier planetarer Wellen das entscheidende Phaenomen ist, das eine qualitativ der Beobachtung nahekommende Monsundynamik konstituiert. Dies korrespondiert mit dem aufgefundenen toroidalen Attraktorsegment.

DIE BEDEUTUNG VON AFRIKANISCHEN „EASTERLY WAVES“ FÜR DEN MONSUNNIEDERSCHLAG IN WESTAFRIKA

A. H. Fink, P. Speth, Deutschland

Im Gefolge von GATE (GARP Atlantic Tropical Experiment) entstanden bedeutende Arbeiten (z.B. Reed et al., 1977; Payne und McGarry, 1977), welche den später häufig zitierten Zusammenhang zwischen der Passage einer „African Easterly Wave (AEW)“ und dem Auftreten von Niederschlägen aufzeigten. Die nicht ortsbezogenen GATE-Kompositstudien ergaben, daß die Niederschläge mit einer maximalen Wahrscheinlichkeit trogvorderseitig und häufig in Form von Böenlinien (engl. „squall lines, SLs“) fallen. Die Beiträge dieser Böenlinien zum Gesamtmonsunniederschlag liegen bei etwa 30% an der Guineaküstenzone, bei 50% in der Sudanzone und bei über 75% in der Sahelzone. Spätere Arbeiten finden im zentralen Sahel um Niamey (siehe z.B. Rowell und Milford, 1993) und in der Sudanzone bei Minna (Nigeria) keinen Zusammenhang zwischen AEW-Passagen und SL-Niederschlägen. Ihren Untersuchungen liegen aber nur kurze, etwa einmonatige Untersuchungszeiträume zugrunde.

Im vorliegenden Beitrag wird die Rolle der AEWs für den Monsunniederschlag typischer Anomaliejahre untersucht. Dies sind gesamtwestafrikanische Feucht- (1988, 1999) und Trockenjahre (1990) und sogenannte Dipoljahre mit feuchter/trockener Guineaküstenregion und trockenem/feuchtem Sahel (1987/1998). Die Untersuchungen stützen sich auf synoptische und Radiosondendaten sowie auf die (Re)Analysen des Europäischen Zentrums für Mittelfristige Wettervorhersage (EZMW).

Mit Hilfe einer auf beiden Datenquellen gestützten sorgfältigen Analyse der Passage von AEWs im Zeitraum vom 15. Juli bis 15. September wird gezeigt, daß AEWs in der Region um Niamey im Trockenjahr 1990 signifikant weniger (35%) zum Gesamtniederschlag beitragen als im Feuchtjahr 1988 (62%). Hierbei wurden als mit einer AEW-Passage verknüpfte Niederschläge solche Ereignisse angesehen, welche bis zu $\frac{1}{4}$ Wellenlänge vor der Trogpassage auftreten. Als Ursachen der reduzierten Bedeutung von AEWs für den Monsunniederschlag im Trockenjahr werden der kombinierte Effekt von weniger ergiebigen Niederschlägen und einer Zunahme von „AEW-Passagen“ ohne nennenswerten Niederschlag identifiziert. Weiter westlich, z.B. in Bamako, hat sich im Trockenjahr dagegen in erster Linie nur die Ergiebigkeit der Niederschläge während einer AEW-Passage deutlich verringert. Interessanterweise tragen die Tage vor einer Trogpassage an der Atlantikküste südlich von Dakar in beiden Extremjahren nicht signifikant zum Gesamtniederschlag bei.

Als mögliche Ursachen der geringeren oder ausbleibenden Niederschläge bei AEW-Passagen werden folgende, teilweise korrelierte Einflußfaktoren diskutiert: (a) der Abstand zwischen Oberkante der Monsunschicht und der Höhe der Achse des niedertroposphärischen Ostjets (AEJ); (b) die Lage und Intensität des obertroposphärischen Ostjets; (c) die Feuchteflüsse und -vergenzen; und (d) die statische Stabilität von Luftpaketen in der Grenzschicht.

DIE ROLLE BAROKLINER INSTABILITÄT FÜR NIEDERSCHLAGSEREIGNISSE WÄHREND DER CHANGMA- PERIODE IN KOREA

Heike Hübener, Uwe Ulbrich, Peter Speth, Deutschland

Für die Jahre 1981-1993 wird die Variabilität der Niederschläge während der Sommermonate Juni, Juli und August in Süd-Korea untersucht. Besondere Beachtung findet dabei die Changma-Periode (Niederschlagsperiode im Sommer in Korea). Die wichtigsten Variabilitätsmuster des Niederschlages werden mittels Analyse der Empirischen Orthogonalen Funktionen (EOF) Süd-Koreanischer Stationsdaten identifiziert. Die ersten beiden EOFs erklären zusammen ca. 55% der Gesamtvariabilität sowohl für den ganzen Sommer, als auch eingeschränkt auf die Changma-Perioden. Da die Niederschläge während der Changma-Periode in vielen Fällen durch wandernde Wellenstörungen in der Troposphäre ausgelöst werden, wird die Baroklinität der Atmosphäre in der Umgebung der koreanischen Halbinsel als ein möglicher Auslöser für troposphärisches Wellenwachstum und somit als Steuerungsmechanismus für Niederschlagsereignisse in der Region untersucht. Unter Verwendung eines von Phillips (1954) eingeführten Parameters wird aus ECMWF-Re-Analysen die Windscherung zwischen 700 hPa und 300 hPa berechnet. Wird dabei ein kritischer Wert überstiegen, dann ist baroklines Wellenwachstum in der Atmosphäre möglich.

Für die Changma-Perioden läßt sich eine generelle Verstärkung der Baroklinität im Vergleich zum gesamten Sommer feststellen, wobei der Bereich verstärkter Baroklinität nördlich der Bodenfront liegt. Mittels einer Analyse der Korrelationen der Hauptkomponenten (PCs) des Niederschlages mit dem Phillips-Parameter an allen Punkten des Untersuchungsgebietes wird gezeigt, daß der wesentliche Teil der Niederschläge über der koreanischen Halbinsel mit erhöhter Baroklinität nördlich des Niederschlagsgebietes einhergeht. Analysen der Kanonischen Korrelationen (CCA) erhärten diese Aussage. Dies stützt die These, daß baroklines Wachstum atmosphärischer Wellenstörungen ein wichtiger Antriebsfaktor für Niederschlagsereignisse während der Changma-Periode ist. Niederschläge, die auf den Norden des Untersuchungsgebietes beschränkt sind, zeigen keinen signifikanten Zusammenhang mit Baroklinität. Dies ist möglicherweise auf einen mehr barotropen Charakter der Störungen in dieser Region zurückzuführen.

DIE LANGLEBIGKEIT TROPISCHER WIRBELSTÜRME IN DEN MITTLEREN BREITEN

Sarah Jones, Deutschland

Im Nordatlantik wandeln sich über 40% aller tropischen Wirbelstürme in außertropische Tiefdruckgebiete um. Diese Tiefdruckgebiete können den Atlantik überqueren und starke Winde und heftige Niederschläge in West- und Mitteleuropa verursachen. Studien einzelner Fälle der Umwandlung eines tropischen Wirbelsturms in ein außertropisches Tiefdruckgebiet zeigen, daß der tropische Ursprung eines solches Tiefdruckgebietes auch nach mehreren Tagen in den mittleren Breiten erkennbar ist.

In dieser Arbeit benutzen wir operationelle Analysen des 'United Kingdom Meteorological Office' und des Europäischen Zentrums für mittelfristige Wettervorhersage um die Struktur eines ehemaligen tropischen Wirbelsturms zu untersuchen. Wir zeigen Anhand von drei verschiedenen Fällen, daß der Überrest des tropischen Wirbelsturms nach mehr als 4 Tagen in den mittleren Breiten einen inneren Kern mit starken Winden und warmer feuchter Luft besitzt. Man kann sogar ein Gebiet mit hohen Werten der potentiellen Vorticity von den Tropen bis in die mittleren Breiten verfolgen.

Die Langlebigkeit des tropischen Wirbelsturms, wie in der Fallstudie beobachtet, werfen die Frage auf, welche Prozesse für den Zerfall eines tropischen Wirbelsturms entscheidend sind. Wir untersuchen diese Frage mit Hilfe eines achsensymmetrischen numerischen Modells mit hoher horizontaler und vertikaler Auflösung. Wir betrachten einen tropischen Wirbelsturm, der sich über kaltem Wasser befindet und in dem keine Konvektion mehr stattfindet. Der Zerfall des Wirbels unter Einfluß der Bodenreibung wird untersucht. Die Anfangsbedingung des Modells weist die typische Struktur eines tropischen Wirbelsturms auf. Das Temperaturfeld ist stabil geschichtet. Die Ergebnisse zeigen, daß ein solcher Wirbel trotz Bodenreibung mehrere Tage lang erhalten bleibt. Der genaue Verlauf des Zerfalls ist von der Stärke der stabilen Schichtung abhängig. Bei stark stabiler Schichtung schwächt sich der bodennahe Wirbel stark ab, aber der Wirbel in der mittleren und oberen Troposphäre verliert kaum an Stärke. Die Ergebnisse zeigen, daß der Überrest eines tropischen Wirbelsturms durchaus mehrere Tage in den mittleren Breiten überleben kann.

ULTRA-DÜNNE WOLKEN AN DER TROPISCHEN TROPOPAUSE

Th. Peter, B.P. Luo, Schweiz, Ch. Kiemle, M. Wirth, S. Borrmann, A. Thomas, C. Schiller,
Deutschland, A. Adriani, F. Cairo, L. Stefanutti, V. Santacesaria, Italien, K.S. Carslaw,
A.R. MacKenzie, Great Britain, V. Khattatov, Russia

Die Bedeutung optisch dünner Zirrusbewölkung für das Wasserbudget der oberen Troposphäre und unteren Stratosphäre ist noch weitgehend ungeklärt. Besonders dünne Zirren mit einer vertikalen Erstreckung von nur 100-300 m, aber horizontalen Ausdehnungen von tausenden von Quadratkilometern wurden während der APE-THESEO Messkampagne (Februar 1999 im westlichen indischen Ozean) an der tropischen Tropopause in 17-18 km Höhe entdeckt. Die Wolkenschicht wurde durch Messungen an Bord von zwei Flugzeugen charakterisiert: dem russischen Höhenforschungsflugzeug Geophysica, mit dem in-situ-Messungen innerhalb der Wolken durchgeführt wurden, und einer deutschen Falcon, die von 12 km Höhe aus per Fernerkundung mit Hilfe eines Aerosol-Lidars die Wolken detektierte. Die Falcon dirigierte als Pfadfinderflugzeug die Geophysica in die Wolken, die für den Geophysica-Piloten selbst bei horizontalem Flug in der Schicht unsichtbar blieben. Die Messungen zeigen, dass die Teilchen Radien um 5 Mikrometer und Anzahldichten um 0.01/cc aufweisen. Daraus ergibt sich, dass die kondensierte Phase der Wolken nur im Bereich 20-40 ppbv liegt, während die Gasphase an der trockenen Tropopause immer noch 2-4 ppmv Wasser enthält. Diese geringe kondensierte Masse in Verbindung mit dem sehr homogenen Charakter der Wolkenschicht lässt Zweifel daran aufkommen, dass die Wolkenteilchen aus Wassereis bestehen. Weitere Messungen während APE-THESEO erlauben aber, mögliche andere Zusammensetzungen der Wolken auszuschliessen. Wir diskutieren einen Stabilisierungsmechanismus für diese dünnen Wolkenschichten, der eine umfassende Modellierung erlaubt und zeigt, dass die Schichten einen wesentlichen Einfluss auf das Wasserbudget der oberen tropischen Troposphäre ausüben können. Auswirkungen auf das Klima und die Chemie der Atmosphäre werden diskutiert.

NUMERISCHE SIMULATIONEN ZUR UNTERSUCHUNG DER WECHSELWIRKUNG EINER TROPISCHEN ZYKLONE MIT EINEM AUßERTROPISCHEN TIEF

Helga Weindl, Sarah C. Jones, Deutschland

Über 40 % der tropischen Zyklonen, die in den letzten 30 Jahren im Atlantik entstanden sind, haben sich in ein außertropisches Tiefdruckgebiet umgewandelt. Viele davon zogen dann als außertropisches Tief über Europa hinweg, z. T. mit orkanartigen Windstärken, die beträchtliche Schäden auf dem Kontinent verursachten. Gegenstand dieser Arbeit sind idealisierte, numerische Simulationen zur Untersuchung des Übergangs einer tropischen Zyklone (Hurrikan) in ein außertropisches Tiefdruckgebiet. Insbesondere soll die Frage beantwortet werden, in wie weit die Position des Hurrikans relativ zum Höhentrog und der Zeitpunkt der Interaktion des Hurrikan-ähnlichen Wirbels mit einer baroklinen Welle zur weiteren Entwicklung des durch die Wechselwirkung entstandenen Gebildes beiträgt.

Die Berechnungen werden mit Hilfe eines dreidimensionalen, nichtlinearen und hydrostatischen Regionalmodells, das auf den primitiven Gleichungen beruht, durchgeführt. Zur Vereinfachung und zum besseren Verständnis der dynamischen Prozesse werden vorerst keine Feuchteprozesse berücksichtigt. Das Model wird mit einem zonalen Strahlstrom, dessen Maximum knapp unterhalb des Tropopausenniveaus liegt, initialisiert und mit Hilfe der thermischen Windgleichung balanciert. Wahlweise wird zu dem Grundzustand des Windfeldes zusätzlich eine barotrope, zonale Windscherung addiert. Aus diesen verschiedenen Anfangszuständen entsteht jeweils durch zeitliche Integration eine barokline Welle, die sich, abhängig vom gewählten Grundzustand, unterschiedlich entwickelt. Zusätzlich wird nun ein Hurrikan-ähnlicher Wirbel eingesetzt und mit diesem Wirbel wird das Model neu gestartet. Aus den unterschiedlichen Ergebnissen der Modellläufe mit und ohne eingesetzten Wirbel können Erkenntnisse über den Einfluß der Tropischen Zyklone auf die spätere Entwicklung, d.h. ob sich das nach der Wechselwirkung entstandene außertropische Tiefdruckgebiet verstärkt oder abschwächt, gewonnen werden.

Achatz	161	Chmielewski	110	Göckede	210, 266
Acs	311	Christen	23, 202, 335	Goeber	68
Adrian	200, 312	Christoph	135	Goldberg	200, 204, 211
Adriani	380	Clemens	317	Görgen	139, 140
Ahrens	245	Czekala	14	Görsdorf	22
Allard	375	Dabas	333	Gorsel	23, 202, 335
Ament	52, 81	Dameris	142	Grantz	198
Ammann	219	Dammann	36	Gravenhorst	200
Arnold	15, 17, 201	Dämmgen	200	Grawe	55
Arpe	374	Davies	356	Grieger	151
Arx	331	Defila	173	Griem	245
Aubrun	254, 296	Delany	220	Grieser	84, 102
Auer	86, 87, 95, 99, 103, 113, 118, 310, 359	Delville	333	Groehn	63, 334
Bächlin	244	Dierer	134	Groß	295
Badeck	208	Dittmann	90, 179, 207	Gross	205
Bakan	12, 21	Dobesch	193	Gruen	13
Balzer	64	Doessegger	20	Grünwald	206, 303
Bange	200	Doorschot	352	Grünwald	209
Bareiss	139, 140	Dorninger	63, 334	Grüter	336
Bassi	336	Dössegger	336	Gubser	331, 337
Baumann	18, 252, 278, 300, 330, 341	Dotzek	7	Gulev	106
Bäumer	275	Dreyer	21	Gurtz	305
Baums	177	Drusch	25	Haase	52, 53
Becker	129, 150, 273	Dürr	79, 329	Häberli	63, 80, 334, 336
Behrendt	318	Ebel	288	Haenel	249
Behrens	88, 266	Eckardt	27, 37, 41	Haeseler	116
Bengtsson	38, 374	Eckert	188, 189, 195	Hagenbrock	81
Benkel	167	Eicken	139	Haiden	338
Berge	239	Eidmann	145	Haimberger	309
Berger	31, 171, 200	Eisert	61	Hammerl	1
Berndt	114	Eissfeldt	288	Hamza	239
Bernhardt	358	Eitzinger	180, 181	Handschin	336
Bernhofer	198, 200, 211, 217	Ermeis	8, 361	Hänsel	357
Betz	61	Enderle	301	Hantel	3
Beyerle	43, 146	Enke	121	Häntzschel	211
Beyrich	199, 200	Erler	255	Harlander	152
Bica	178	Fabian	240	Hartmann	298
Biemelt	206	Falge	200	Hauck	165
Bigalke	249	Feigenwinter	23	Hauf	19, 319
Billing	35	Fiedler	225, 275	Hauschild	166
Binder	349	Fink	367, 371, 375, 377	Hauschildt	39
Bissolli	207	Finke	19	Hechler	91, 207
Bittner	145	Fischer	29, 144	Heerd	212
Blender	108	Flamant	333	Heimann	253
Blöschl	313	Flemming	54	Heinemann	69, 205
Böhm	86, 87, 95, 99, 103, 113, 118, 359	Flesch	286	Heinrich	152
Böhme	19, 121	Foelsche	38	Heise	160
Bolliger	349	Foken	198, 200, 203, 208, 210, 215, 216, 220, 223, 266	Helbig	139, 140, 187, 235, 354
Börngen	357	Formeyer	174	Henne	236
Borrmann	380	Forrer	271, 293	Hennemuth	320
Bott	66	Forster	269	Hense	77, 81, 141
Böttger	72	Fraedrich	108	Herzog	228, 229
Bougeault	328	Frank	265	Hess	162
Braslavská	179	Frei	104, 122, 305	Heygster	49
Brázdil	362	Fricke	279	Hirsch	9
Brücher	130	Friedeburg	241	Hirschberg	182
Bruci	131	Frieß	277	Hoegger	154
Brückl	5	Fröhlich	230	Hofer	271, 293
Brümmer	326	Fukutome	73	Holland	254
Brunetti	103	Furger	331	Höller	7
Buchmann	203	Fürtig	308	Hollmann	32, 36, 50
Buehler	45	Gallas	37	Hollweg	12
Bumke	114, 317	Galli	348	Holst	183
Burrows	47, 233	Gantner	280	Holzschläger	307
Butterbach-Bahl	200	Gebauer	200	Hoppe	10
Cairo	380	Gendt	6	Höppe	168, 184
Carl	89, 115, 318, 376	Gerchau	208	Hornbostel	14
Carlaw	380	Gilge	276	Hübener	372, 378
Cavalli	348	Glugla	308	Huhle	103
Cegnar	304	Gmoser	178	Jacob	109, 314, 320, 321
		Göber	81	Jacobi	153, 157, 160, 237
		Gobiet	281	Jacobs	60, 66, 70
				Jacobsen	280

Autorenverzeichnis

Jaeger	200, 218, 307	Leitl	251, 254, 296	Östreich	41
Jäger	178	Levrat	154	Paeth	137
Jakowski	160	Licht	187	Panskus	249, 264
Jankiewicz	308	Liebenthal	215	Papamichail	301
Jann	59	Ließ	374	Parlow	23
Janouch	171, 192	Lipa	172, 191	Parson	339
Jeannot	154	Liu	198	Pascheke	260
Jendritzky	169, 185	Loeptien	136	Pechinger	257, 261, 300, 330
Jones	379, 381	Lohmeyer	244	Perov	145
Jung	214	Loibl	93	Peschel	262
Kaiser	271, 287, 300	Lorenzi	336	Peter	172, 191, 380
Kalberlah	245	Luberichs	288	Petz	257, 261
Kaminski	276, 282	Lübken	147	Pfeiffer	268
Kapala	117	Lüers	139, 259	Pfizenmayer	127
Karamanian	171	Lugauer	272	Philipona	79
Karstens	270	Luo	380	Pichler	2, 62
Kartschall	208	Müller-Westermeier	179	Pinto	138
Katzschner	256	Maarouf	169	Piringer	18, 247, 252, 278, 294, 330
Kaufeld	132	Mächel	117	Pisek	362
Kaufmann	145	Macke	48	Pitacco	198, 335
Kerber	326	MacKenzie	380	Platt	33, 232, 241, 277
Kerschgens	243, 288, 292, 372	Mangold	213	Plenge	286
Keuler	124	Manney	34	Podesser	176, 284
Khattatov	380	Manzini	38	Podlasly	190
Kiemle	278, 380	Marquardt	6, 43, 146	Podzun	109, 314, 321
Kirchengast	38	Matschullat	200	Polonsky	78
Kirchgäßner	186	Matulla	309	Polreich	257, 261
Klein	238, 354	Matzarakis	170	Ponater	120
Kleinn	305	Mauder	216	Pöttschacher	63, 334
Klemm	213	Maugeri	103	Potzmann	87, 95
Klepp	40	Maurer	205	Praetorius	27
Klepppek	92	Mayer	170, 183, 186, 200, 218, 245	Preusker	29
Klinker	74	Mecklenburg	58	Prim	73
Klusmann	286	Mehrtens	28	Prosek	171
Knippertz	135	Meinke	322	Queck	217
Knoche	214	Meixner	197, 219	Raabe	15, 17, 160, 200, 201
Knuepffer	76	Mengelkamp	226	Raasch	200
Koch	172, 191	Menzel	85	Raatz	60, 70
Kohsiek	198	Mettler	336	Rachimow	308
König-Langlo	155	Meyer	44	Raderschall	352
Konzelmann	336	Meywerk	324	Rappenglück	240, 274, 285
Köpke	184	Miao	45	Raschke	324
Koppe	245	Mikielewicz	194	Ratheiser	63, 334, 340
Kornblueh	38	Mikosch	239	Rau	252, 263, 300, 330, 341
Koskela	171	Milton	68	Reddmann	156
Koslowsky	27, 41	Milz	46	Reigber	6, 43, 146
Kost	246, 283, 299	Mitschke	239	Reiner	371
Köstner	200	Moellmann	292	Reinhardt	325
Kouker	42, 156	Mohnl	87, 95	Reitebuch	333
Krahe	235	Möller	354, 368	Rengarajan	194
Kromp-Kolb	4, 194	Morgner	241	Reuder	184
Krüger	126, 130, 188, 189	Morsier	65	Riberio	198
Kühl	286	Muĉaj	131	Richard	333
Küng	336	Müller	244, 323	Richner	329, 337
Kunka	248	Müller-Westermeier	90	Richter	297, 301, 308
Kunstmann	214	Mumenthaler	336	Riedl	24
Kunzi	45	Munzar	306, 363	Riese	34
Kürschner	153	Mursch-Radlgruber	16	Rinke	140
Kurz	57	Nanni	103	Röckle	297
Kuttler	242	Naujokat	143	Roesli	349
Květoň	362	Nemeth	271	Roether	231, 238
Labitzke	149	Névir	164	Rohmann	239
Lang	24	Nielinger	246, 283, 299	Rohrer	51, 336
Langbein	156	Nunez	171	Rösner	94
Lange	157	Oberheide	34	Rost	218
Langematz	149	Ody	188, 189, 195	Rötzer	110
Langer	27, 41, 257, 261	Oelhaf	144	Rozanov	47
Laschewski	185	Oestreicher	248	Rubel	310, 355
Laska	171	Oettinger	61	Rudolf	355
Laube	194	Offermann	145	Rühl	234, 239, 286
Laue	49	Olesen	26	Ruhnke	144, 156
Lazar	258	Oncley	198	Rummel	219
Lehmann	11	Oppenrieder	184	Ruppert	154, 220
Lehner	23	Österle	56	Ruprecht	96, 106, 315
Lehning	352				

Autorenverzeichnis

Sabo.....	75	Sievers.....	50	Ungersböck.....	99, 310
Santacesaria.....	380	Simic.....	192, 194	Vanicek.....	192
Sausen.....	123	Simmer.....	14, 52, 53, 205	Vergeiner.....	214
Schaer.....	104	Skomorowski.....	87, 355	Vidale.....	305
Schaffhauser.....	62	Sogalla.....	372	Vihma.....	326
Schaller.....	273	Spangl.....	289	Vincent.....	366
Schär.....	73, 305, 316	Spanier.....	240	Vogel.....	228, 229, 275
Schatzmann.....	251, 254, 296	Sperling.....	243	Vogt.....	23, 198, 200, 202, 332, 335, 343, 344
Schauberger.....	171, 192, 193, 294	Speth.....	135, 138, 367, 371, 375, 377, 378	Volkert.....	333, 365
Scheifinger.....	172, 191, 271, 287	Spindler.....	200	Wacker.....	163, 242, 325, 327
Schewski.....	133	Staeger.....	102	Wagner.....	33, 241, 277
Schiller.....	380	Staehein.....	159	Waloszczyk.....	208
Schlicht.....	12	Šťastný.....	179	Walter.....	100
Schlimme.....	48	Stefanutti.....	380	Wanner.....	128
Schluenzen.....	134	Steffany.....	243	Weber.....	149, 353
Schlünzen.....	249, 264	Stein.....	51	Weber-Philipp.....	370
Schlüter.....	160	Steinacker.....	63, 80, 334, 340, 342, 345, 364	Weigel.....	200
Schmalwieser.....	171, 192, 193	Steinegger.....	336	Weihls.....	192, 194, 196
Schmid.....	58	Steiner.....	38, 239	Weinbrecht.....	227
Schmidli.....	104	Stohl.....	290	Weindl.....	381
Schmidt.....	43, 146	Stolle.....	160	Weiss.....	271, 293
Schmitz.....	151	Strüfing.....	129	Wenig.....	33, 241
Schmölz.....	63	Stuck.....	119	Wergen.....	53
Schnadt.....	158	Stüdemann.....	188, 189, 195, 255	Werner.....	224, 240, 333, 343, 344
Schölzel.....	112	Sudholz.....	239	Werscheck.....	101
Schöner. 86, 87, 95, 103, 113, 118, 359		Sudy.....	98	Wichura.....	203, 208, 220, 223, 266
Schönfeldt.....	221	Sutmöller.....	226	Wickert.....	43, 146
Schönwiese.....	102, 107	Tenhunen.....	200	Winkler.....	105, 272
Schröder.....	326	Tesch.....	291	Winterhalter.....	175
Schroeder.....	96	Teuchert.....	292	Wintermeyer.....	267
Schubert.....	228, 229	Teufelhart.....	302	Wirth.....	59, 165, 380
Schüller.....	29	Thery.....	7	Witt.....	121
Schulze-Neuhoff.....	97	Thiele.....	14, 71	Wölfelmaier.....	345
Schürmann.....	286	Thomas.....	223, 380	Woth.....	125
Schwarz.....	93	Timm.....	111	Wunram.....	30
Schwiebus.....	222	Tinz.....	185	Zängl.....	148, 346
Seefeldner.....	184	Tonn.....	37	Zhao.....	226
Seibert.....	265	Trautmann.....	66	Zhi.....	141
Seifert.....	327	Trepte.....	105	Ziemann.....	15, 17, 201
Seiz.....	13	Trinkaus.....	176	Zillig.....	347
Selbach.....	49	Trömel.....	107	Zolina.....	106
Seltmann.....	24	Ubl.....	106	Zorita.....	83
Semmler.....	109	Ulbrich.....	126, 130, 138, 378	Züger.....	82
Sentuc.....	288	Unger.....	71	Zwatz-Meise.....	59
Shapiro.....	369				

Österreichische Beiträge zu Meteorologie und Geophysik

bisher erschienen:

Heft	Publ.Nr.	Fachgebiet	Autor	Titel und Umfang	Preis in öS
1	329	Meteorologie		<i>Tagungsbericht EURASAP, Wien, 14.-16. Nov. 1988, Evaluation of Atmospheric Dispersion Models Applied to the Release from Chernobyl.</i> Wien 1989, 20 Beiträge, 198 S., 100 Abb., 17 Tab.	200,--
2	332	Geophysik		<i>Tagungsbericht über das 5. Internationale Alpengravimetrie Kolloquium - Graz 1989.</i> Herausgeber: H. LICHTENEGGER, P. STEINHAUSER und H. SÜNKEL, Wien 1989, 256 S., 100 Abb., 17 Tab.	vergriffen
3	336	Geophysik		<i>Schwerpunktprojekt S47-GEO: Präalpidische Kruste in Österreich, Erster Bericht.</i> Herausgeber: V. HÖCK und P. STEINHAUSER, Wien 1990, 15 Beiträge, 257 S., 104 Abb., 17 Tab., 23 Fotos	280,--
4	338	Meteorologie	LANZINGER, A. et al:	<i>Alpex-Atlas.</i> FWF-Projekt P6302 GEO, Wien 1991, 234 S., 23 Abb., 2 Tab., 200 Karten	250,--
5	341	Meteorologie	BÖHM, R.:	<i>Lufttemperaturschwankungen in Österreich seit 1775.</i> Wien 1992, 95 S., 34 Abb., 24 Tab.	vergriffen
6	343	Geophysik	MEURERS, B.:	<i>Untersuchungen zur Bestimmung und Analyse des Schwerefeldes im Hochgebirge am Beispiel der Ostalpen.</i> Wien 1992, 146 S., 72 Abb., 9 Tab.	160,--
7	351	Meteorologie	AUER, I.:	<i>Niederschlagsschwankungen in Österreich seit Beginn der instrumentellen Beobachtungen durch die Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik.</i> Wien 1993, 73 S., 18 Abb., 5 Tab., 6 Farbkarten	330,--
8	353	Meteorologie	STOHL, A., H. KROMP-KOLB:	<i>Analyse der Ozonsituation im Großraum Wien.</i> Wien 1994, 135 Seiten, 73 Abb., 8 Tabellen	330,--
9	356	Geophysik		<i>Tagungsbericht über das 6. Internationale Alpengravimetrie-Kolloquium, Leoben 1993.</i> Herausgeber: P. STEINHAUSER und G. WALACH, Wien 1993, 251 Seiten, 146 Abb.	330,--
10	357	Meteorologie	ZWATZ-MEISE, V.:	<i>Contributions to Satellite and Radar Meteorology in Central Europe.</i> Wien 1994, 169 Seiten, 25 Farbabb., 42 SW-Abb., 13 Tab.	330,--
11	359	Geophysik	LENHARDT W. A.:	<i>Induzierte Seismizität unter besonderer Berücksichtigung des tiefen Bergbaus.</i> Wien 1995, 91 S., 53 Abb.	330,--
12	361	Meteorologie	AUER, I., R. BÖHM, N. HAMMER †, W. SCHÖNER., WIESINGER W., WINIWARDER W.:	<i>Glaziologische Untersuchungen im Sonnblickgebiet: Forschungsprogramm Wurtenkees.</i> Wien 1995, 143 S., 59 SW-Abb., 13 Farbabb., 9 SW-Fotos, 47 Tab.	330,--
13	372	Meteorologie	PIRINGER, M.:	<i>Results of the Sodar Intercomparison Experiment at Dürnrrohr, Austria.</i> Wien 1996	330,--
14	373	Geophysik	MEURERS, B.:	<i>Proceedings of the 7th International Meeting on Alpine Gravimetry, Vienna 1996.</i> Wien 1996	330,--
15	374	Meteorologie	RUBEL, F.:	<i>PIDCAP - Quick Look Precipitation Atlas.</i> Wien 1996	330,--
16	378	Meteorologie	DOBESCH, H., KURY G.:	<i>Wind Atlas for the Central European Countries Austria, Croatia, Czech Republic, Hungary, Slovak Republic and Slovenia,</i> Wien 1997	330,--

Heft	Publ.Nr.	Fachgebiet	Autor	Titel und Umfang	Preis in öS
17	382	Meteorologie		<i>Proceedings of the 9th International Symposium on Acoustic Remote Sensing and Associated Techniques of the Atmosphere and Oceans, Vienna 1998</i> , 329 Seiten, Wien 1998	330,--
18	383	Meteorologie	RUBEL, F.:	<i>PIDCAP - Ground Truth Precipitation Atlas</i> . 84 Seiten, 99 Farbkarten, Wien 1998	500,--
19	384	Meteorologie		<i>Proceedings of the 2nd European Conference on Applied Climatology, 19 to 23 Oct. 1998, Vienna</i> . CD-ROM, Wien 1998	330,--
20	387	Meteorologie		<i>Proceedings of the 2nd International Conference on Experiences with Automatic Weather Stations, 27 to 29 Sept. 1999, Vienna</i> . CD-ROM, Wien 1999	330,--
21	388	Meteorologie		<i>Bericht über den Workshop Umweltforschung im Hochgebirge - Ergebnisse von GAW-Dach und verwandten Projekten, 05. bis 06. Okt. 1999, Wien</i> . 147 Seiten, Wien 1999	330,--
22	389	Meteorologie	DOBESCH, H., H. V. TRAN:	<i>The Diagnostic Wind Field Model ZAWIMOD2</i> . 47 Seiten, 8 Farbbabb., Wien 1999	330,--
23	392	Meteorologie		<i>Proceedings of the 26th International Conference on Alpine Meteorology; 11 to 15 Sept. 2000, Innsbruck</i> . CD-ROM, Wien 2000	330,--
24	395	Meteorologie	SABO, P.:	<i>Hochnebelprognose mittels eines objektiven Inversionsindexes für die synoptische Praxis</i> , 80 Seiten, Wien 2000	330,--
25	397	Meteorologie	AUER, I., R. BÖHM, W. SCHÖNER:	<i>Austrian long-term climate 1767-2000 - Multiple instrumental climate time series from central Europe</i> , 160 Seiten, 31 Farbseiten, CD-ROM, Wien 2001	330,--
26	398	Geophysik	MEURERS, B.:	<i>Proceedings of the 7th International Meeting on Alpine Gravimetry, Leoben 2000</i> , 240 Seiten, 4 Farbseiten, Wien 2001	330,--
27	399	Meteorologie		<i>Beiträge zur 1. Deutsch – Österreichisch – Schweizerischen Meteorologentagung; 18. bis 21. Sept. 2001, Wien</i> , CD-ROM, Wien 2001	330,--

