14. BERLIOZ: Das Berliner Ozon-Experiment

14.1 Einleitung

Im Troposphärenforschungsschwerpunkt (TFS) des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft, Technologie und Forschung werden unter verschiedenen Leitthemen Untersuchungen zur Bildung, Forschung und Ausbreitung von Luftschadstoffen gefördert. Die hier vorgestellten Filme zur Entstehung von Ozon entstanden im Rahmen von Forschungsprojekten des TFS, die in der EURAD[1]-Forschungsgruppe am Institut für Geophysik und Meteorologie der Universität zu Köln durchgeführt wurden.

Im Zusammenhang mit den im Juli 1998 durchgeführten Untersuchungen des Berlin-Ozon-Experiments (BERLIOZ) wurden Chemie-Transportrechnungen durchgeführt. Der Untersuchungszeitraum war aber nicht der Juli 1998 sondern eine frühere Ozonepisode im Juli 1994. Diese Rechnungen waren zur Unterstützung und Vorplanung der (Meß)-Experimente notwendig und wurden z.B. zur Planung der Meßstandorte und Flugzeugrouten der Meßflüge eingesetzt.

Die Kürze werden auch die Chemie-Transportrechnungen für die Episode August 1998 durchgeführt werden. Die Ergebnisse dieser Rechnungen können dann z.B. zu einer genaueren Auflösung nicht gemessener Spurenstoffe und auch zur Kalibrierung des Modells selbst eingesetzt werden. Weitere Modellsimulationen werden Hinweise liefern, in welchem Rahmen Emissionsminderungen wirksam sind oder in welcher Region die im realen Fall gemessenen Schadstoffbelastungen ihre Ursache haben.

Im EURAD-Computermodell werden nach den heute bekannten physikalischen Gesetzen durch mathematische Verfahren die Ausbreitung von Schadstoffen mit dem Wind, chemische Umwandlung und Ablagerung am Boden (Deposition) berechnet. Dazu wird das Modellgebiet durch ein Modellgitter dargestellt, dessen Gitterweite in horizontaler und vertikaler Richtung die Auflösung bestimmt (Methode der finiten Volumen). In horizontaler Richtung sind die Gittergrundflächen quadratisch, in der Höhe liegen 15 Schichten übereinander. Die unterste Schicht hat eine Dicke von etwa 70 m und die oberste Schicht reicht bis etwa 16 km Höhe. Dazwischen nimmt die Schichtdicke nach oben hin zu. Die chemischen Um-

[1] Europäisches Ausbreitungs- und Depositionsmodell

wandlungen werden mit dem Reaktionsmodell RADM2 [2](59 Stoffe, 156 Reaktionen) beschrieben.

Die Filme zeigen die Ergebnisse des Computermodells CTM2[3] in verschiedenen Auflösungen oder Nestungsstufen. Nestung bezeichnet die aufeinanderfolgende Modellhierarchie, bei der zunächst die Schadstoffverteilung für ein großes Untersuchungsgebiet mit großer Gitterweite (hier 54 x 54 km²) für die europäische Skala berechnet wird. Die Daten aus dieser ersten Rechnung werden dann verwendet, um ein kleineres, genestetes Gebiet mit Anfangs- und Randwerten zu versorgen, dessen Ergebnisse wiederum im nächsten genesteten Gebiet verwendet werden. Auf diese Weise können kleine Untersuchungsgebiete mit hoher Auflösung betrachtet werden. Würde man mit gleichhoher Auflösung das große Untersuchungsgebiet betrachten (hier Europa), wären die benötigten Rechenkosten (noch) unbezahlbar. Der Hochleistungs-Computer, auf dem diese Rechnungen durchgeführt wurden, steht im Forschungszentrum Jülich und ist über eine Hochgeschwindigkeitsverbindung an das Regionale Rechenzentrum der Universität zu Köln angebunden.

14.2 Inhalt der Filme

Die Untersuchungsgebiete unterscheiden sich in der Gebietsgröße und der Auflösung des Modellgitters. CG steht für ‚Coarse Grid' (54 km Gitterweite, also 54 x 54 km² Grundfläche einer Rechenzelle) , N1 für die erste Nestungsstufe (18 km), N2 (6 km) und N3 (2 km). Das Dateiformat kann mit Apple Quicktime und anderen Programmen dargestellt werden.

Alle Filme zeigen die Episode vom 21. Juli 1994 bis zum 30. Juli 1994

CG_NO2_L1.mov

NO_2-Konzentration in der ersten Modellschicht (0 – 70m) im Gebiet Europa. Die Einheit ist [ppbV], parts per billion Volume, 1 ppbV entspricht einem Teilchen (oder Einheitsvolumen) NO_2 in 1 Milliarde (10^9). Am 26.7. etwa beginnt der Durchzug einer Kaltfront von Westen, erkennbar an der Einmischung sauberer Luft und dadurch Senkung der NO_2-Konzentrationen.

[2] Regional Acid Deposition Model 2
[3] Chemisches Transportmodell

Von den Städten gehen Fahnen erhöhter NO_2-Konzentrationen aus, die z.T. weit vom Quellgebiet weggetragen werden.

CG_O3_L1.mov

Der Beginn der Episode war gekennzeichnet durch geringe Ozonkonzentrationen. Im Lauf der Simulation steigen die Ozonwerte und erreichen gegen Ende der Episode ihr Maximum. In Küstenstädten bilden sich z.T. hohe Ozonkonzentrationen, da hier die Mischungsschicht eine geringe Dicke aufweist und Schadstoffe in Schwachwindlagen nicht so stark verdünnt werden. Hinzu kommen starke NOx-Emissionen der Hafenanlagen und geringe Deposition von Ozon über dem Meer. Am 26.7. zeigt sich Transport von Ozon aus Mitteleuropa nach Skandinavien vor der Kaltfront.

N1_O3_L1.mov

Hier werden bereits kleinräumige Transportstrukturen aufgelöst. Es zeigen sich oft geringe Ozonkonzentrationen. Deutliche Bereiche mit Ozonbildung am 27. Juli

N2_O3_L1.mov

Am 22.und 23. Juli zeigt sich eine von Berlin ausgehende Ozonfahne mit Konzentrationen im Bereich von 70 – 80 ppbV. Am 24. 7. ist die Windgeschwindigkeit höher und die Fahnenbildung weniger ausgeprägt. Am 26. 7. ist der Durchgang der Kaltfront zu erkennen. Am 27., mit Nordwestwind (schwaches Hochdruckgebiet über Mecklenburg-Vorpommern), bilden sich Bereiche erhöhter Ozonkonzentration im Südosten von Berlin. In der Nacht vom 27. auf den 28. Juli werden photochemisch gealterte Luftmassen von der Ostsee in den Raum Berlin-Brandenburg transportiert: Ozonkonzentrationen von z.T. 90 ppbV am frühen Morgen sind für diesen Raum ungewöhnlich hoch.

14.3 Datenquellen:

IER[4], Stuttgart: Emissionen
IFU[5], Garmisch-Partenkirchen: Landnutzung
ECMWF[6], Reading, UK: Europäische Wetterdaten
MM5[7], Meteorologiedaten für CTM-Rechnungen

Autorenliste:

M. Memmesheimer, J. Tippke, H.J. Jakobs, M. Weber, G. Piekorz, G. Schneider, A. Ebel, M. Kerschgens, H. Geiß, S. Jansen, B. Wickert, G. Smiatek, Ch. Kessler

Internet-Adressen

EURAD:
http://www.uni-koeln.de/math-nat-fak/geomet/eurad/index.html

Rechenanlage in Jülich:
http://www.kfa-juelich.de/

Inst. für die Chemie der bel.Atmos.:
http://www.kfa-juelich.de/icg/icg.html

IER:
http://www.ier.uni-stuttgart.de/

RADM2:
http://www.chem.leeds.ac.uk/AirSite/atmchemifu/stockwell.html

IFU:
http://www.fhg.de/german/profile/ifu.html#IFU.6

[4] Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung
[5] Institut für Atmosphärische Umweltforschung
[6] European Center for Meteorological Weather Forecasting
[7] Meteorologisches Modell Version 5, NCAR, Boulder, Colorado, USA

ECMWF:
http://www.ecmwf.int/

NCAR MM5:
http://www.ncar.ucar.edu