

Ein chemisch-mikrophysikalisches Nebelmodell zur Beschreibung der Feuchtdeposition von Aerosolen und atmosphärischen Spurenstoffen im Pflanzenbestand

—

Abschlußbericht

Andreas Bott

Meteorologisches Institut,
Universität Bonn,
Auf dem Hügel 20
D-53121 Bonn
e-mail: a.bott@uni-bonn.de

Tanja Winterrath

Institut für Physik der Atmosphäre,
Johannes Gutenberg-Universität,
Becherweg 21, D-55099 Mainz,
e-mail: winterra@mail.uni-mainz.de

LPS-Nr.: F7 1050

Förderschwerpunkt: Atmosphärische Aerosolforschung (AFS)

Arbeitsgruppe III., Modellierung

Förderkennzeichen: 07 AF 301

1 Projektbeschreibung

Vegetation und Atmosphäre unterliegen ständigen Wechselwirkungsprozessen. Diese umfassen Einflüsse der Vegetation auf die meteorologischen Parameter wie Wind, Temperatur, Feuchte und das Strahlungsfeld, aber auch die Deposition von Aerosolpartikeln und Spurengasen sowie deren Emission durch die Pflanzen. Die Deposition von Nebeltropfen stellt eine effektive Senke für atmosphärische Spurengase und Aerosolpartikel in der planetaren Grenzschicht dar. Neben der Feuchtdeposition modifiziert Nebel sowohl die Trockendeposition als auch die Emissionen über die Benetzung der Pflanzenoberflächen. Darüberhinaus kann sich durch chemische Prozesse in Tropfen und Wasserfilmen ein niedriger pH-Wert ausbilden (Stichwort „Saurer Nebel“).

Um die beschriebenen Effekte zu untersuchen, wurde im Rahmen dieses Projektes ein eindimensionales Strahlungsnebelmodell entwickelt, welches die Wechselwirkung zwischen Atmosphäre und Biosphäre, sowie die Multiphasenchemie während eines Nebelereignisses beschreibt. Die größen aufgelöste Darstellung der Aerosolpartikel und Nebeltropfen ermöglicht eine detaillierte mikrophysikalische Behandlung der beschriebenen Prozesse. Darüberhinaus wird die zeitliche Entwicklung des Blattoberflächenwasser prognostisch beschrieben. Die Berechnung der Flüssigphasenchemie erfolgt in drei Größenklassen der Nebeltropfen und im Blattflächenwasser.

Photolysefrequenzen werden mit Hilfe eines Strahlungstransportmoduls unter Berücksichtigung des Einflusses der Vegetation berechnet. Der modulare Aufbau sowie die Strukturierung des Chemiemoduls unter Verwendung einer Pre-Processing-Methode gewährleisten eine hohe Flexibilität des Modells.

Das komplette Modell ermöglicht die Simulation von Strahlungsnebelereignissen. Sensitivitätsstudien ermöglichen die qualitative und quantitative Beschreibung der Deposition von Nebeltropfen, Aerosolpartikeln und Spurengasen auf die Vegetationsoberflächen. Die chemische Charakterisierung des Deponats, insbesondere im Hinblick auf den pH-Wert, ist ein wichtiger Bestandteil dieser Untersuchungen. Desweiteren ist eine Charakterisierung der Quellen- bzw. Senkenwirkung des Vegetationsbestandes für das atmosphärische Aerosol sowie die atmosphärischen Spurengase der planetaren Grenzschicht möglich.

Der Einfluß der Vegetation auf die Trockendeposition und die primären Spurengasemissionen, insbesondere der Einfluß des Blattflächenwassers, wurde untersucht.

Der detaillierte Arbeitsplan und der Ablauf des Projektes waren folgendermaßen:

1. Entwicklung eines Vegetationsmoduls und Kopplung des bereits vorhandenen mikrophysikalischen Nebelmodells MIFOG (MICROPHYSICAL FOG model) mit dem Vegetationsmodul (→ MIFOG_V)
2. Kopplung von MIFOG_V und einem bestehenden Chemiemodul (→ CHEMIFOG_V)
3. Umstrukturierung des Chemiemoduls unter Verwendung des KPP-Algorithmus (Kinetic Pre Processor, [Damian-Iordache, 1996](#))

4. Erneuerung des Gasphasenchemiemoduls (u. a. MIM, [Pöschl et al., 2000](#))
5. Erneuerung des Flüssigphasenchemiemoduls (CAPRAM2.3, [Herrmann et al., 2000](#))
6. Kopplung und Erweiterung eines Photolysemoduls ([Landgraf und Crutzen, 1998](#))
7. Erweiterung des Chemiemoduls um Chemie in nicht-aktivierten, gequollenen Aerosolpartikeln ([Luo et al., 1995](#)[Pitzer, 1991](#))
8. Kopplung eines Trockendepositionsmoduls ([Ganzeveld und Lelieveld, 1995](#))
9. Kopplung eines Emissionsmoduls ([Geron et al., 1994](#)[Günther et al., 1995](#)[Yienger und Levy II, 1995](#))
10. Durchführung von Studien und Publikation der Ergebnisse

2 Das gekoppelte Modell CHEMIFOG_V

Die folgenden Unterkapitel beziehen sich auf die vorangegangenen Punkte des Arbeitsplans.

2.1 Das Nebelmodell (zu Punkt 1)

Das eindimensionale Nebelmodell MIFOG ([Bott et al., 1990](#)) beschreibt die Dynamik, Thermodynamik und Mikrophysik eines Nebelereignisses, sowie den Strahlungstransport in der gesamten Atmosphäre. Hierzu werden prognostische Gleichungen gelöst, die im folgenden näher erläutert werden.

2.1.1 Die prognostischen Gleichungen

Das Nebelmodell löst die prognostischen Gleichungen für die

- zwei horizontalen Windgeschwindigkeitskomponenten (u, v), deren zeitliche Änderung durch
 - einen Turbulenzterm,
 - die Druckgradientenkraft und
 - den Corioliseffekt
 bestimmt wird;
- spezifische Feuchte, deren zeitliche Änderung durch
 - die turbulente Durchmischung von Wasserdampf und
 - die Kondensation bzw. Evaporation

bestimmt wird;

- potentielle Temperatur, deren zeitliche Änderung durch
 - turbulente Durchmischung,
 - Strahlungserwärmung und
 - Freisetzung latenter Wärme

bestimmt wird.

2.1.2 Die Turbulenz

Die Turbulenz wird in diesem Modell nach einem Schließungsmodell 1,5ter Ordnung behandelt, in dem die turbulenten Flüsse über K-Austauschkoeffizienten parametrisiert werden.

Für die turbulente kinetische Energie wird eine prognostische Gleichung gelöst, die

- die Produktion aufgrund vertikaler Scherung,
- die Produktion aufgrund thermischer Instabilität,
- die kontinuierliche Dissipation und
- den turbulenten Transport

beschreibt.

2.1.3 Die Mikrophysik

Eine wichtige Eigenschaft des Nebelmodells MIFOG ist die detaillierte Behandlung der Mikrophysik. Da die Wachstumseigenschaften der Nebeltropfen von ihrer Größe und vom Aerosolgehalt abhängen, wird das Tropfenspektrum mit Hilfe einer zweidimensionalen Funktion $f(a,r)$ beschrieben. Hierbei sind a der Radius des Aerosolpartikels, welches als Kondensationskeim dient, und r der Radius des Tropfens.

Die prognostische Gleichung für das Partikelspektrum berücksichtigt

- den vertikalen turbulenten Austausch,
- die Sedimentation und
- das Kondensationswachstum der Teilchen.

2.1.4 Der Boden

Im Bodenmodul werden prognostische Gleichungen für die Wärme und die Feuchtigkeit gelöst, die als Randwerte in das atmosphärische Modell eingehen.