

Abschlussbericht zum AFO2000-Verbundprojekt

Förderkennzeichen: **07ATF46**

EFEU

Einfluß von Vegetationsfeuern auf die Zusammensetzung und die Zirkulation der Atmosphäre

**Laboruntersuchungen und numerische Simulationen:
Der Einfluß von Biomassenverbrennung auf die Energetik, die chemische
Zusammensetzung, die Wolken- und die Niederschlagsbildung
und den Transport in der Atmosphäre**

Ein Verbundprojekt

des Leibniz-Instituts für Troposphärenforschung Leipzig,
des Max-Planck-Instituts für Chemie, Abteilung Biogeochemie, Mainz,
des Max-Planck-Instituts für Meteorologie, Hamburg
und der Universität Leipzig, Leipziger Institut für Meteorologie

Projektlaufzeit: 01.04.2001–31.12.2004

Koordination:

01.04.2001–15.08.2003: Dr. Sabine Wurzler

15.08.2003–31.12.2004: Dr. Martin Simmel

Leibniz-Institut für Troposphärenforschung e. V. Leipzig

Tel.: 0341/235-2176, Fax: 0341/235-2139, email: simmel@tropos.de

Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenstellung	1
2	Voraussetzungen	1
3	Planung und Ablauf	2
4	Stand der Wissenschaft und Technik	3
5	Zusammenarbeit mit anderen Partnern	6
6	Darstellung der erzielten Ergebnisse	6
7	Verwertbarkeit der Ergebnisse	9
8	Fortschritt auf dem Vorhabensgebiet	9
9	Veröffentlichungen	10

1 Aufgabenstellung

Das Verbundprojekt EFEU zielte auf eine realitätsnahe Untersuchung des Einflusses von Vegetationsfeuern auf die Zusammensetzung und die Zirkulation der Atmosphäre. Die Auswirkungen der Vegetationsfeuer reichen von der Mikroskala bis hin zur globalen Skala. Dabei treten eine Vielzahl physikalischer und chemischer Effekte auf. Im Rahmen des Projektverbundes wurden im wesentlichen die folgenden Fragen untersucht:

- Welche Bedeutung haben Vegetationsbrände für das regionale und globale Spurengas- und Partikelbudget der Atmosphäre?
- Wie stark bestimmt der vertikale Transport der Feueremissionen in die obere Troposphäre die chemischen und mikrophysikalischen Prozesse der Wolkenbildung?
- Wie verändern die von Bränden emittierten Aerosole den Strahlungshaushalt der Atmosphäre?
- Welche Bedeutung hat die Änderung der mikrophysikalischen Eigenschaften von Wolken durch zusätzliches Aerosol aus Bränden für den Strahlungshaushalt, die Energetik und die Zirkulation der Atmosphäre?

2 Voraussetzungen

Zur adäquaten Behandlung dieses vielschichtigen, hochaktuellen Themenkomplexes haben sich acht deutsche Arbeitsgruppen zusammengeschlossen. Drei dieser Arbeitsgruppen haben sich mit Hilfe von Laborexperimenten mit den physikalischen, chemischen und optischen Eigenschaften der durch Vegetationsbrände emittierten Aerosolpartikel befasst. Die übrigen fünf Arbeitsgruppen untersuchten die Effekte der Vegetationsbrände auf die Physik und Chemie der Atmosphäre von der Mikroskala über die kleinräumige Skala bis hin zur regionalen Skala anhand von numerischen Modellen. Um alle auftretenden Effekte von Vegetationsfeuern zu erfassen, war eine Hierarchie von Modellen verschiedener Skalen unerlässlich.

Von experimenteller Seite führten die Projekte *Optische Absorptionsmessungen an luftgetragendem Aerosol mittels Photoakustischer Spektroskopie*, *Chemische und physikalische Charakterisierung des Aerosols aus Biomasseverbrennung* und *Morphologische und chemische Charakterisierung von Aerosol aus der Biomassenverbrennung: Einzelpartikelanalyse mit Hilfe Elektronenmikroskopischer Methoden* an einer Verbrennungskammer am MPI-CH, Mainz, chemische und physikalische Untersuchungen durch. Diese Experimente leisten einen Beitrag zur Verbesserung der Kenntnis des Aerosols aus Bränden. Die in diesen Messungen erzielten Ergebnisse dienten als wichtige Eingangs- und Vergleichsparameter für die unterschiedlichen Modelle, die im Rahmen dieses Verbundes eingesetzt wurden.

Die experimentell bestimmten Parameter dienten als wichtige Eingangsdaten für die Strahlungstransportrechnungen im Projekt *Die Rolle der Biomassenverbrennung für das regionale Klima: Simulation des Strahlungstransports für Chemie und Dynamik in der regionalen und globalen Skala*. Diese Rechnungen stellten sowohl Photolyseraten als auch den Strahlungsantrieb der Dynamik für die im Verbund verwendeten Atmosphärenmodelle bereit. Die mikrophysikalischen Eigenschaften der Aerosolpartikel fanden Verwendung in den Modellrechnungen zur Wechselwirkung der Aerosole mit den Wolken im Projekt *Entwicklung eines detaillierten sowie eines momentenbasierten Wolkenmikrophysik-Moduls zur Untersuchung der Auswirkungen der Biomassenverbrennung auf Wolken*. In den Simulationen der Rauchfahne mit einem gekoppelten dynamisch-chemischen-mikrophysikalischen Modell in den Projekten *Simulation von Vegetationsfeuern mit einem kleinskaligen Modell* und *Numerische Simulationen von Vegetationsfeuern mit einem wolkenauflösenden Modell: Wechselwirkung zwischen Aerosolen und Wolkenmikrophysik* wurden sowohl experimentelle Resultate als auch die Ergebnisse detaillierter Simulationen verwandt und Parametrisierungen für höhere Skalen entwickelt. Bei der Modellierung der regionalen Auswirkungen von Vegetationsfeuern im Rahmen des Projektes *Biomasseverbrennung und ihr Einfluß auf die Spurenstoff-, Wasser- und Energiehaushalte der Atmosphäre* flossen sowohl die experimentellen Daten als auch die Ergebnisse der kleinskaligen Modelle ein.

3 Planung und Ablauf

Das Projekt wurde im Zeitraum von April 2001 bis Dezember 2004 gefördert. Der Austausch zwischen den Teilprojekten sowie die Planung der Experimente wurde durch mehrere Projekt-treffen im Verlauf der Förderdauer sichergestellt:

- Kickoff-Meeting des Projektverbundes in Leipzig (August 2001)
- Zwischentreffen des Verbundprojektes in Hamburg (November 2001)
- Zwischentreffen des Verbundprojektes in Mainz (Juni 2002)
- Zwischentreffen des Verbundprojektes in Leipzig (Februar 2003)
- Zwischentreffen des Verbundprojektes in Hamburg (Juli/August 2003)
- Abschlußtreffen des Verbundprojektes in Leipzig (Februar 2004)

Am Verbrennungsofen des MPI Mainz fanden insgesamt drei Labormesskampagnen statt:

- Juni 2002
- Juni/Juli 2003

- September 2003

Außerdem wurde eine EFEU-Homepage aufgebaut, die das Projekt sowohl nach außen repräsentierte als auch einen Austausch von Daten (insbesondere der Messergebnisse) ermöglichte.

4 Stand der Wissenschaft und Technik

Feuer stellen eine signifikante globale Quelle für eine Reihe von Spurengasen und Partikeln dar (Crutzen und Andreae 1990). Insbesondere in den tropischen Gebieten Afrikas, Südamerikas und Südostasiens brennen immer wieder große Flächen des Regenwaldes. Zudem sind auch Sibirien, Australien, Kanada sowie Amerika häufig von großen Waldbränden betroffen. Bekannte Beispiele hierfür sind der Brand im Yosemite Nationalpark in USA, wo vor einigen Jahren ein Großteil der Baumbestände dem Feuer zum Opfer fiel, sowie der verheerende Waldbrand bei Los Alamos, der das dortige Nuklearforschungszentrum massiv gefährdete. Allen Brandereignissen ist gemein, dass durch Konvektion Brandprodukte aus der Mischungsschicht in die freie Troposphäre, bisweilen bis in die Stratosphäre transportiert werden. Durch effektive Mischungs- und Transportprozesse in der Atmosphäre werden die längerlebigen Gase und Partikel dieser Emissionen und ihre Folgeprodukte global verteilt.

Die Emission von Kohlenwasserstoffen und Stickoxiden führt zur Ozonproduktion, ähnlich wie in urban beeinflussten Gebieten. So befinden sich über dem tropischen Atlantik regelmäßig zum Ende der Trockenzeiten erhöhte Ozonkonzentrationen in der Troposphäre, die auf Emissionen von Feuern in Südamerika und Afrika zurückzuführen sind (Fishman et al. 1991; FOS/DECAFE Sonderausgabe, J. Atmos. Chem. 1995; TRACE-A und SAFARI Sonderausgabe J. Geophys. Res. 1996). Die Ozonkonzentrationen erreichen großflächig Werte, die mit denen einer städtischen Smogsituation vergleichbar sind. Während die emittierten Gase und deren Folgeprodukte klimatisch gesehen durchweg eine positive Strahlungsantriebsänderung bewirken, sind für Aerosolprodukte aus solchen Feuern direkte und indirekte Aspekte positiver und negativer Strahlungsantriebsänderungen zu berücksichtigen.

Durch Streuungs- und Absorptionsvorgänge greifen die Aerosole direkt in den Strahlungshaushalt der Erdatmosphäre ein. Die Emission von Partikeln aus Vegetationsfeuern wird auf 7 % der globalen Aerosolemission geschätzt (Andreae 1991). Diese Aerosolkomponente aus antropogener Biomasseverbrennung ist für ca. ein Drittel des Klimaantriebs durch anthropogene Aerosole verantwortlich (Andreae 1995). Neuere Studien ergeben global und jährlich gemittelte Strahlungsantriebsänderungen zwischen -0.16 W/m^2 und -0.74 W/m^2 aufgrund von Brand-induzierten Aerosolemissionen. Die lokalen Effekte durch Aerosole aus Biomasseverbrennung, insbesondere in den Tropen, können allerdings noch weitaus größer sein (bis zu -15 W/m^2 , Ross et al., 1998). Solche Modifikationen des regionalen Energiebudgets können zu einer Veränderung in der atmosphärischen Zirkulation, insbesondere in den Tropen, führen.

Die chemischen und physikalischen sowie optischen Eigenschaften atmosphärischer Aerosolpartikel sind nur zum Teil bekannt. So existierten bis dato einzelne Untersuchungen zur Zusammensetzung der Partikel bezüglich der Ionen (z.B. Allen und Miguel 1995), Kohlenstoff (Cachier et al. 1989, 1995, Kuhlbusch et al. 1996) und Elementzusammensetzung (z.B. Andreae et al. 1998). Die bei weitem größte Fraktion des organischen Materials in den Aerosolpartikeln war nur in Ansätzen spezifiziert. Wie diese wichtigen Eigenschaften in Abhängigkeit des Aerosolpartikelradius verteilt sind, war weitgehend unbekannt, obwohl gerade die direkten und indirekten optischen Eigenschaften der Aerosolpartikel sehr stark von dieser Verteilung abhängig sind. Das gleiche gilt für die im Zusammenhang mit der Wolkenbildung entscheidenden Größe der Hygroskopizität der Aerosolpartikel. Unter definierten Bedingungen gewonnene größenauflö-