JOHANN GEORG GOLDAMMER,
MEINRAT O. ANDREAE,
GÜNTER HELAS
*und FRANZ MEIXNER**

Vegetationsbrände

Auswirkungen auf Ökosysteme, Atmosphäre und Klima

Neben den Emissionen aus technogener Verbrennung fossiler Energieträger spielen auch die Emissionen aus Vegetationsbränden und anderer pflanzlicher Biomasse, beispielsweise die Verbrennung landwirtschaftlicher Abfälle oder die Brennholznutzung, eine bedeutende Rolle in biogeochemischen Kreisläufen und für die Zusammensetzung der Atmosphäre. Damit haben sie einen Anteil an der Beeinflussung des globalen Klimas. Das Feuer ist aber auch ein wichtiger, unverzichtbarer Faktor für die Stabilität von Ökosystemen. Das Max-Planck-Institut für Chemie leitet eine Reihe internationaler Vorhaben zur Erforschung der regionalen und globalen Auswirkungen von Vegetationsbränden.

Seit der zweiten Hälfte der 80er Jahre wird die Bedrohung des Tropenwaldes besonders stark in der Öffentlichkeit diskutiert und ist seitdem verstärkt Gegenstand internationaler Umweltpolitik geworden. Bei der Umwandlung des Tropenwaldes in andere Nutzungssysteme kommt im wesentlichen Feuer zum Einsatz, sei es bei der traditionellen, aber stark in der Zunahme begriffenen kleinbäuerlichen Brandrodung im Rahmen des Wanderfeldbaues, oder sei es bei der großflächigen Rodung zur Schaffung von Weideflächen und Plantagen. Die Netto-Entwaldungsrate in den Tropen wird von der Welternährungsorganisation (FAO) derzeit auf ca. 20 Millionen Hektar (= 200 000 km^2) pro Jahr geschätzt; dies entspricht der doppelten Waldfläche der Bundesrepublik Deutschland. Die in Brandwirtschaft jährlich bearbeitete Waldfläche ist allerdings noch erheblich größer, da dieses Nutzungssystem nicht unbedingt zu einer permanenten Entwaldung führt.

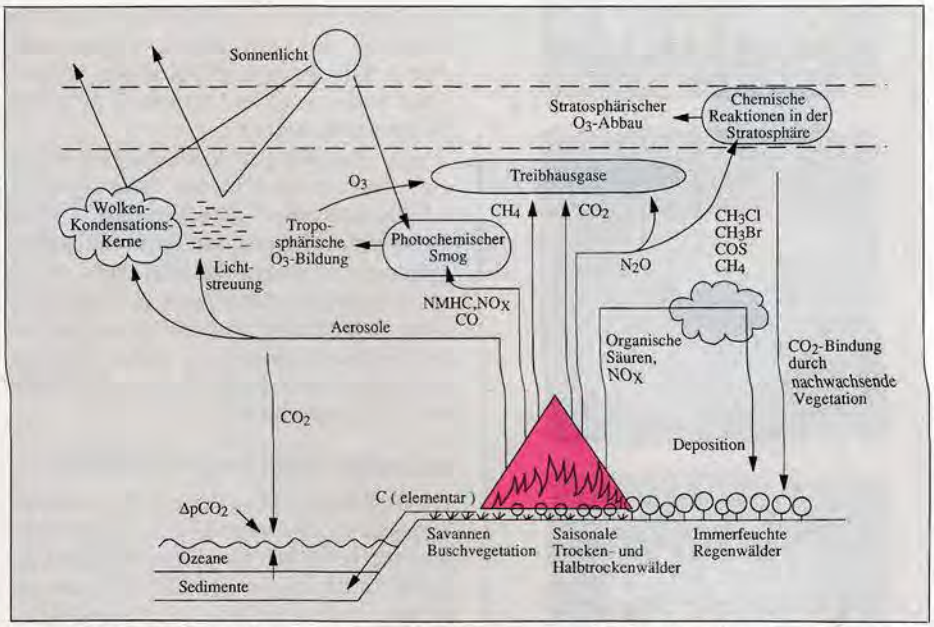
Da diese großflächige Waldverbrennung die Eigenschaften der Atmosphäre spürbar beeinflußt und damit Auswirkungen auf das regionale und globale Klima hat, interessiert sich die Umweltforschung zunehmend für die Auswirkungen dieser Verbrennungsprozesse. Zusätzlich zu den Brandrodungsfeuern kommen eine Vielzahl von weiteren Vegetationstypen, die regelmäßig und großflächig dem Feuer ausgesetzt sind. Dies sind besonders die Savannen (Baum-, Busch- und Grassavannen) der Tropen und Subtropen, die weltweit auf einer Fläche von ca. 2,6 Milliarden ha (= 26 Millionen km^2) vorkommen und die zu einem großen Teil in Intervallen von 1 bis 3 Jahren brennen.

Weiterhin findet das Feuer besonders in den Tropen weit verbreitete Anwendung in der Landwirtschaft, insbesondere im Reisanbau (Verbrennung von Reisstroh) [4, 5, 6, 7].

Die vom Feuer jährlich betroffenen Waldflächen in den nördlichen Industrieländern sind vergleichsweise geringer: Im Mittelmeerraum brennt es jährlich auf durchschnittlich 600 000 ha, in Nordamerika (USA und Kanada) auf ca. 4

Dr. J. G. Goldammer, Prof. Dr. M. O Andreae, G. Helas und F. Meixner, Max-Planck-Institut für Chemie, Abteilung Biogeochemie, Postfach 30 60, 55020 Mainz. Die Arbeitsgruppe Feuerökologie gehört zur Abteilung Biogeochemie und ist an der Universität Freiburg, 79085 Freiburg, angesiedelt.

1 Ein großer Teil der weltweit in den Tropen vorkommenden 2,5 Milliarden ha Savannen brennt in Abständen zwischen 1 und 3 Jahren. Nicht nur in den Grasländern, sondern auch in den Busch- und Baumsavannen ist die Grasschicht der Träger des Feuers. Bei Auflagegewichten von 2 – 8 + t/ha können die Grasfeuer erhebliche Flammenhöhen erreichen. Die Verbrennung der Grasschicht ist während des Höhepunktes der Trockenzeit sehr vollständig, so daß beispielsweise das Emissionsverhältnis von $CO:CO_2$ geringer ist als bei der unvollständigen Verbrennung bei einem Waldbrand in der borealen Zone (s. Abb. 7). Photo: J. G. Goldammer.



2 Schematische Darstellung von Emission, Umformung und Verbleib einiger Spurengase und Aerosole aus Vegetationsbränden [7].

Mio. ha. Im größten zusammenhängenden Waldgebiet der Erde, dem borealen Nadelwald Eurasiens, einschließlich der subarktischen Tundra, im wesentlichen in der Russischen Föderation gelegen, betragen die jährlichen Brandflächen etwa 10 Mio. ha (zum Flächenvergleich: Die gesamte Waldfläche der Bundesrepublik Deutschland umfaßt 10 Mio. ha) [1, 2, 7].

Internationale Meßkampagnen

Seit Ende der 80er Jahre hat das Max-Planck-Institut für Chemie (MPIC), Mainz, damit begonnen, größere internatioale Forschungsvorhaben vorzubereiten, deren Zielsetzung es ist, die Auswirkungen dieser Vegetationsbrände auf die Umwelt zu untersuchen. Den Abteilungen Biogeochemie des MPIC (M. O. Andreae, mit G. Helas und F. Meixner), zu der auch die Arbeitsgruppe Feuerökologie an der Universität Freiburg gehört (J. G. Goldammer), und Atmosphärenchemie des MPIC (P. J. Crutzen) gelang es, die hierzu notwendigen organisatorischen Strukturen zu schaffen, und zwar im Rahmen der Vereinbarungen des International Geosphere-Biosphere-Programme (IGBP), zu dem das International Global Atmospheric Chemistry (IGAC) Projekt gehört.

Innerhalb des IGBP/IGAC-Unterprogrammes „Auswirkungen der Biomasseverbrennung auf die globale Atmosphäre" wurden unter Federführung des MPIC die Prioritäten internationaler Forschungsprojekte festgelegt. Diese befaßten sich zunächst mit hoher Priorität mit den Bränden in den Tropen, seit 1991 aber auch mit den Waldbränden der sibirischen Taiga.

Die Zielsetzung der Durchführung von internationalen Meßkampagnen ist, die Auswirkungen der Feuer auf die Ökosysteme zu erforschen und dabei gleichzeitig die Qualität, den Umfang und den Verbleib der Emissionen aus diesen Verbrennungsvorgängen zu ermitteln. Die Bestimmung der Verbrennungsprodukte erfolgt dabei sowohl in Bodennähe, als auch mit Hilfe von Meßflugzeugen in verschiedenen Höhen über dem Boden und in größerer Transportentfernung von den Bränden. Damit können nicht nur die Menge und chemische Zusammensetzung der emittierten gasförmigen und festen Verbindungen (Rauchpartikel) ermittelt werden, sondern auch deren Transport und ggf. der weitere Verbleib bzw. die chemischen Reaktionen innerhalb der Atmosphäre. Ein langfristig angestrebtes Ziel ist dabei die Ermittlung des flächenmäßigen Umfanges der Brände und der dabei verbrannten Vegetation. Denn während die oben genannten Zahlen über Wald- und Buschbrände aus Europa und Nordamerika noch als relativ zuverlässig gelten können, sind die Flächenermittlungen in den übrigen Regionen der Welt bislang eher Schätzungen bzw. Hochrechnungen, die einer genauen Überprüfung bedürfen. So reicht die Breite der Schätzungen der jährlichen Savannenbrände von ca. einer halben bis zu einer Milliarde ha pro Jahr. Auch die Daten aus dem Territorium der ehemali-

Low Cost

Dosiersystem

D 100

Stufenlos einstellbar

0 – 150 µ l
3 x pro Sekunde
bis
3 x pro Stunde

Geeignet für:

wässrige Lösungen
Säuren
Laugen
Lösungsmittel

WISA

Wilh. Sauer GmbH & Co. KG
D-42340 Wuppertal
Telefon 0202/409200
Telefax 0202/401710

▲ Weitere Informationen über Kennziffer **47**

gen Sowjetunion sind bislang noch recht ungenau; sie schwanken zwischen jährlich 1 Mio. ha (geschönte ehem. sowjetische Statistiken) und 10 Mio. ha (Satellitenbeobachtungen).

Nach zweijähriger Vorbereitung wurde von August bis Oktober 1992 die erste Meßkampagne durchgeführt. Der Schwerpunkt dieses internationalen Forschungsvorhabens widmete sich einem großräumigen Phänomen, der sich über dem Südatlantik jährlich bildenden hohen Konzentration von Ozon, Kohlenmonoxid und anderen Luftschadstoffen in der Troposphäre [1, 5].

Ozonalarm über dem Südatlantik

Im Gegensatz zum „Ozonloch", das sich saisonal in der Stratosphäre über den Polen bildet und sich zunehmend weiter ausdehnt, befindet sich die saisonal stark erhöhte troposphärische Ozonkonzentration in den Tropen in einer tieferen Etage der Troposphäre. Die Ozonsäule der Atmosphäre wird von Satellitensensoren erfaßt. Unter Abzug des stratosphärischen Ozons wird dann die troposphärische Ozonsäule errechnet und in Dobson-Einheiten ausgedrückt. Die Höchstwerte der troposphärischen Ozonkonzentration liegt über den industriell nicht belasteten Reinluftgebieten über dem Südatlantik zwischen Südamerika und dem südlichen Afrika bei bis zu 50 Dobson-Einheiten. Diese Konzentration entspricht den Ozonwerten über den Industrieländern der nördlichen Hemisphäre während des Nordsommers, in dem zunehmend häufiger „Ozonalarm" ausgelöst wird, da schädliche Auswirkungen bodennaher erhöhter Ozonkonzentration erwartet werden.

Mit zunehmender Kenntnis über die Nutzung des Feuers in tropischen Landökosystemen verdichten sich seit einigen Jahren die Vermutungen, daß das troposphärische „Ozon-Hoch" über dem Südatlantik und den umliegenden Kontinenten die Folge der Waldverbrennung in der Amazonasregion und der Savannen- und Buschbrände im südlichen Afrika sind. In den vergangenen Jahren vorausgegangene Experimente in Brasilien, im Kongo und in der Elfenbeinküste hatten gezeigt, daß in den Regionen starker Brennaktivitäten photochemischer Smog entsteht, der zur Bildung des Ozons führt.

Die vom Max-Planck-Institut für Chemie federführend organisierte Meßkampagne Southern Tropical Atlantic Regional Experiment (STARE) ist das erste interkontinentale, internationale und interdisziplinäre Feuerexperiment. Interkontinental ist diese Meßkampagne, weil sie die

3 Das Logo der STARE/TRACE-A/SAFARI-Meßkampagne vermag nur annähernd die Spannbreite des ersten interkontinentalen Feuer-Experiments widerzuspiegeln. Auf beiden Seiten des Atlantiks stehen die Feuersymbole für die Waldverbrennung und die Savannenbrände innerhalb und südlich des Amazonasbeckens und für die Savannenbrände im südlichen Afrika. Das fliegende Großraumlabor der NASA (DC-8) stellte die transatlantische Verbindung der atmosphärenchemischen Messungen dar. Der Satellit steht symbolisch für die Nutzung einer Reihe von weltraumgestützten Sensoren zur Feuerkartierung bzw. Meteorologie der Kampagne. Die beteiligten Länder sind um das Logo herum aufgeführt. Copyright: J. G. Goldammer und J. Fishman.

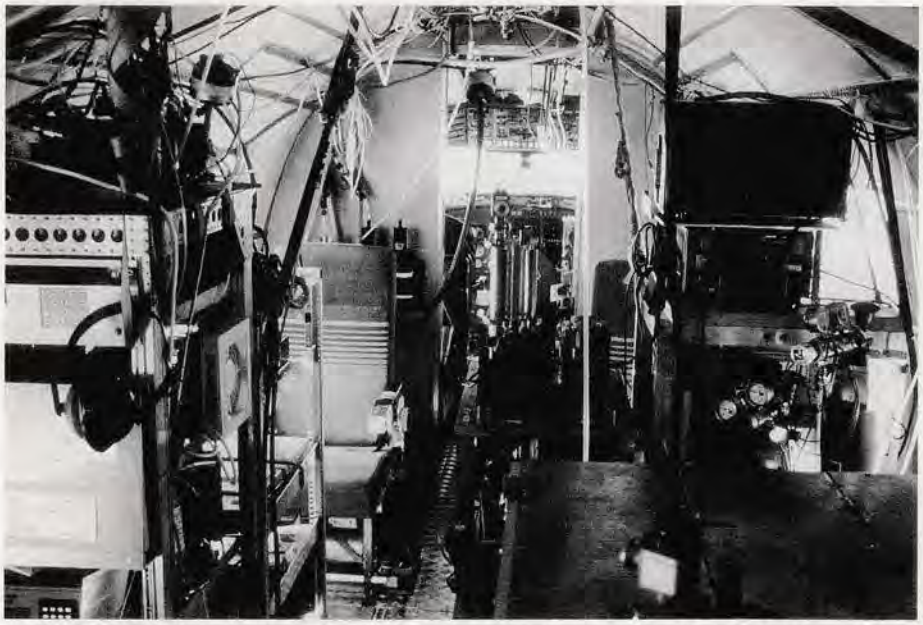
Auswirkungen von Wald- und Savannenbränden in Südafrika und in Südamerika auf die Atmosphäre zwischen beiden Kontinenten untersucht.

Die Internationalität des Programmes drückt sich in der Beteiligung von über 150 Wissenschaftlern aus 14 Nationen aus, die Interdisziplinarität durch die umfassende Beteiligung vieler naturwissenschaftlicher Disziplinen. Denn neben Forschergruppen aus der Biogeochemie, Atmosphärenchemie und Feuerökologie waren Forschungsansätze aus weiteren Bereichen der Forstwissenschaft und der Klimatologie vertreten.

SAFARI – Jagd auf Feuer

Zusammen mit einer großen Zahl von Forschern aus dem südlichen Afrika, Belgien, Frankreich, Großbritannien, Kanada und den USA war das Max-Planck-Institut für Chemie während der Meßkampagne direkt verantwortlich für die afrikanische Komponente der Southern African Fire-Atmosphere Research Initiative (SAFARI). Wichtigster Stützpunkt für die Meßkampagne war Südafrika. Die Wissenschaftler des MPIC konzentrierten sich dabei im wesentlichen auf zwei Komponenten: Die Durchführung von kontrollierten Feuerexperimenten in Savannenlandschaften und die Charakterisierung der gasförmigen und

Weitere Informationen über Kennziffer **48** ▶



4 Bei SAFARI-92 wurde vom Max-Planck-Institut für Chemie eine DC-3 als Meßflugzeug für mittlere Flughöhen und -entfernungen (von Bodennähe bis ca. 12 000 Fuß) über dem südlichen Afrika eingesetzt, um eine große Bandbreite von Spurengasen aus Savannenfeuern zu messen. Die Instrumentation umfaßte ein abstimmbares Diodenlaser-System (mit einminütigem Meßintervall für NO_2, HCHO, CH_4 und N_2O; mit 1-Sekundenintervall für CO), ein Chemilumineszenz-Instrument (für NO, NO_y), Luftprobennahme (grab sampling) mit anschließender gaschromatographischer Analyse von CO_2, CO und CH_4, und UV- und Oberflächenchemilumineszenz für Ozon (O_3).

festen Emissionen aus diesen Feuern bzw. aus anderen Bränden, die in dieser Zeit im südlichen Afrika mit Hilfe von Meßflugzeugen registriert wurden.

Die Anlage von kontrollierten Feuern fand innerhalb des Kruger National Park statt, der über wichtige und für das südliche Afrika typische Savannenformen verfügt, deren Geschichte und Ökologie von den dortigen Wissenschaftlern gut dokumentiert sind. Höhepunkt der Experimente im September 1992 war die Durchführung von zwei großen, kontrolliert angelegten Savannenfeuern in der Größe von jeweils etwa 2 000 ha. Diese Größe der experimentellen Savannenfeuer, die für die natürlichen Blitzschlagfeuer und auch durch die afrikanische Urbevölkerung seit Zehntausenden von Jahren gelegten Feuer typisch sind, erlaubte neben den ökologischen Arbeiten am Boden auch den Einsatz der Emissionmessung vom Boden und von Flugzeugen aus. Weitere Emissionsmengen wurden über Zukkerrohrfeldern in Swaziland durchgeführt, wo für die Ernte regelmäßig große Flächen mit starker Rauchentwicklung abgebrannt werden.

Die Untersuchungen der Savannenfeuer am Boden waren durch die extreme Dürreperiode im südlichen Afrika, die bereits als Jahrhunderttrockenheit bezeichnet wird, erschwert. Im Gegensatz zu Jahren mit durchschnittlichen Niederschlägen war in den meisten Savannen Südafrikas und der Nachbarländer nur wenig Gras gewachsen. Damit stand erheblich weniger „Brennmaterial" zur Verfügung als in normalen Jahren. Unter diesen Bedingungen konnten sich die experimentellen als auch die sonstwo im südlichen Afrika vorkommenden Feuer nicht so großräumig und gleichförmig ausbreiten.

Die von der NASA für das Experiment zur Verfügung gestellten Beobachtungen der Feuer durch Satelliten zeigten auch, daß sich das Feuergeschehen in diesem Jahr stark in Richtung Äquator verschoben hatte. Während die Spurengasmessungen aus den Experimentalfeuern im Kruger National Park im wesentlichen mit Hilfe von einem kleineren Meßflugzeug, einer Cessna 310 (Max-Planck-Institut für Chemie) und einem Helikopter (NASA), betrieben wurde, kamen die DC-3 (Max-Planck-Institut für Chemie; Abb. 4) und das fliegende Großraumlabor DC-8 (NASA) über den nördlichen Nachbarländern und dem Atlantik zum Einsatz.

Diese Messungen wurden ergänzt durch Meßserien an einer Reihe von Stationen: Im Etoscha Nationapark in Namibia untersuchte eine Gruppe von amerikani-

Entwicklung und Vertrieb

wissenschaftlicher Gerätesysteme

BIO SYS GmbH

OMNICON 3800

für die

Mikro- und Zellbiologie
Zell-Pathologie und
Pharma-Qualitätskontrolle

Anwendungsorientiertes Bildauswertesystem für mikro- und zellbiologische Aufgabenstellungen

Speziell in Multiwell- und Mikrotiterplatten

Auswertesoftware für Petrischalen und Filterpapiere (Abriebpartikel etc.)

Ergonomisches Gehäuse, integrierte Kamera-Regelbox

Zukunftssicher durch Windows-Benutzeroberfläche und Schnellmontage-Prozessorsockel

BIO-SYS GmbH

Postfach 1145, 61174 Karben
Ramonvillestraße 4, 61184 Karben
Tel. (0 60 39) 39 31, Fax (0 60 39) 28 46

▲ Weitere Informationen über Kennziffer **49**

◀ Weitere Informationen über Kennziffer **48**

MISTRAL

Säulenofen
der neuen Generation
für die
HPLC

- Kühl- und Heizbar
- Temp.genauigkeit < 0,1 °C
- Temp.konstanz < 0,1 °C
- 32-bit Mikroprozessorsteuerung
- sehr einfach zu bedienen
- stehender oder liegender Betrieb
- Temperaturprogrammierung
- getrennte Heiz- und Kühlkreise
- eingebauter Gassensor
- serielle Schnittstelle (optional)
- exzellentes Preis/Leistungsverhältnis
- 24-Stunden-Service bei *SunChrom*

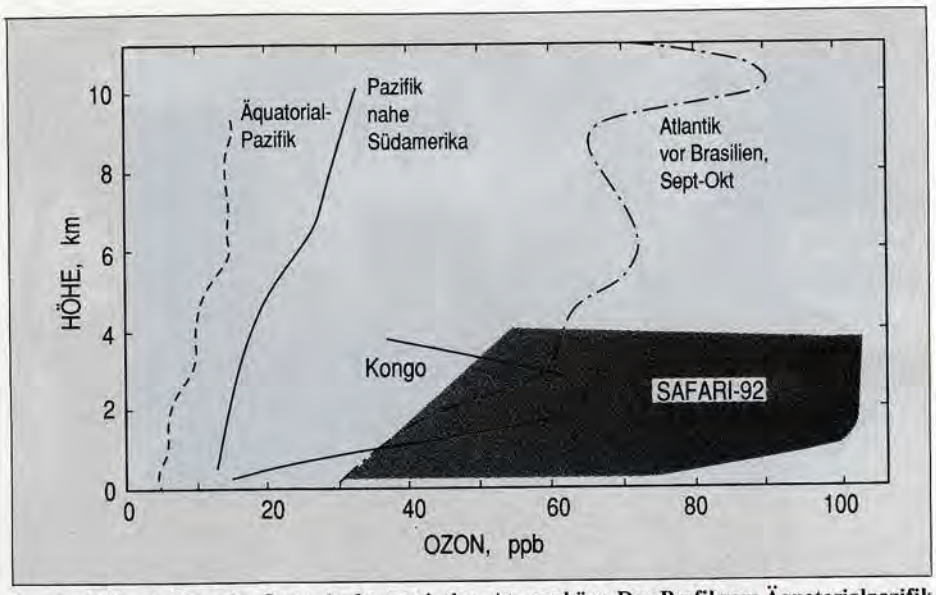
Außerdem im Lieferprogramm:

- gesamte Spark-HPLC-Linie
- Analyzer für Wein und Bier
- hochwertige HPLC-Module
- Klein- und Verbindungsteile

Katalog und neue Preisliste anfordern !

SunChrom
Wissenschaftliche Geräte GmbH
Max-Planck-Str. 22
D-61381 Friedrichsdorf
Tel: 06172-7004 Fax: 06172-5895

▲ Weitere Informationen über Kennziffer **50**



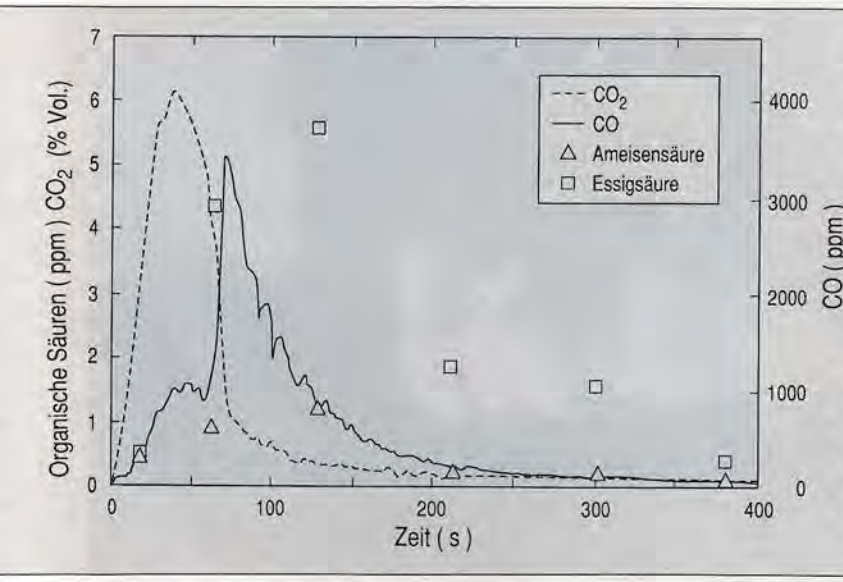
5 Vertikalverteilung des Ozons in der tropischen Atmosphäre. Das Profil vom Äquatorialpazifik zeigt den Ozongehalt, der in diesem Bereich ohne den Einfluß der Biomasseverbrennung zu erwarten wäre. Über dem Pazifik westlich von Südafrika werden leicht erhöhte Ozonkonzentrationen beobachtet, während über dem Südatlantik die höchsten Werte in den Tropen vorliegen. Ein großer Teil dieses Ozons wird in den Rauchfahnen aus der Biomasseverbrennung photochemisch erzeugt. SAFARI-92 fand große Mengen von Ozon über dem südlichen Afrika, noch deutlich mehr als während der Expedition DECAFE-88 über dem Kongo in der nördlichen Hemisphäre gemessen worden war [2, ergänzt].

schen und südafrikanischen Forschern die Vertikalverteilung von Ozon, Temperatur und Feuchte sowie die Zusammensetzung des Staubaerosols. An einer ähnlichen Station an den Viktoriafällen in Zimbabwe wurden von einer Gruppe des MPI Chemie die Konzentrationen von Ozon, Aerosolen und die Meteorologie der atmosphärischen Grenzschicht untersucht.

Trotz der Dürre im südlichen Afrika und der damit verbundenen reduzierten Biomasse wurden im Luftraum über Südafrika, Zimbabwe, Sambia, Angola, Namibia und Botswana sehr hohe Konzentrationen von Ozon, Kohlenstoffmonoxid, Stickoxiden, Formaldehyd und Rauchpartikeln gefunden. Diese Luftschadstoffe entstanden in den Rauchschwaden aus den großen und zahlreichen Savannenfeuern, die vor allem in den Tropenregionen des südlichen Afrika brannten, also in Ländern wie Zaire, Sambia, Angola und Tansania. Die Rauchaerosole waren oft so dicht, daß der Erdboden aus einer Höhe von 2 bis 3 km nur schwer auszumachen war. Ozonkonzentrationen bis zu 100 ppb wurden bis zu einer Höhe von 4 km, der maximalen Flughöhe der DC-3, gemessen. Die späteren Meßflüge der NASA DC-8 bestätigten diese Beobachtungen und konnten die Meßhöhen bis auf 12 km erweitern. Auch über dem Südatlantik fand die DC-9 ähnlich hohe Werte. Solche weitverbreiteten Schadstoffkonzentrationen waren bisher nur über den belasteten Gebieten Europas und Nordamerikas gemessen worden.

Die meteorologische Komponente von SAFARI-92 brachte auch Licht in die Transportbewegungen von Spurengasen und Aerosolen über beziehungsweise aus dem afrikanischen Kontinent. Während der Meßkampagne wurde zwischen August und Oktober ein antizyklonaler Wirbel beobachtet, der zum einen die mehrfache Zirkulation der mit Feueremissionen belasteten Luftmassen über dem Kontinent bewirkte. Zum anderen werden am nördlichen Ende der Wirbelbewegung die Spurengase und Aerosole westwärts auf den Atlantik in Richtung Südamerika transportiert; am südlichen Ende geschieht dies ostwärts in Richtung Australien.

In Verbindung mit den Daten aus der Fernerkundung kann schon jetzt geschlossen werden, daß die Vegetationsfeuer im südlichen Afrika und in Südamerika einen erheblichen Einfluß auf die atmosphärische Umwelt und auf das Klima ausüben. Das Klima wird dabei sowohl von den Treibhausgasen im Rauch wie von den Aerosolpartikeln beeinflußt, welche Sonnenlicht in den Weltraum zurückstreuen und die Eigenschaften der Wolken verändern.



6 Experimentelle Feuer unter kontrollier- und nachvollziehbaren Bedingungen im Labor des Max-Planck-Instituts für Chemie sind eine wichtige Ergänzung der Freilandexperimente. Ein Versuchsprotokoll zeigt die Konzentrationen von CO_2, CO, Ameisensäure und Essigsäure im Rauch. Die Flammphase des Feuers dauerte etwa 60 Sekunden. Konzentrationen sind für CO_2 in % Volumen angegeben, in Mischungsverhältnissen (ppm) für die anderen Arten [1, 7].

Die Ergebnisse dieser Meßkampagne werden ausgewertet und in Kürze veröffentlicht. Gleichzeitig läuft die Planung für die nächsten Kampagnen. Im laufenden Jahr 1994 wird der Schwerpunkt der atmosphärenchemischen Untersuchungen über dem südlichen Afrika zu einer Zeit durchgeführt, die außerhalb der „Feuersaison" liegt. Damit soll die Hintergrund-Atmosphäre, die zu dieser Zeit wenig von Emissionen aus Savannenbränden belastet ist, charakterisiert werden.

Für 1994 – 95 ist weiterhin die Intensivierung der feuerökologischen Untersuchungen in den Savannenländern Zimbabwes und Sambias vorgesehen. Wie in den Vorjahren dienen Bodenuntersuchungen der Charakterisierung der Vegetation, die bei den Buschbränden normalerweise verbrannt wird. Dies ist im wesentlichen die Grasschicht, die in vielen Savannenlandschaften Afrikas in einem Zyklus von 1 bis 3 Jahren brennt. Der Verbrennungsgrad der Grasschicht ist in der Trockenzeit meist sehr hoch (> 90%). Die für viele Savannen sehr charakteristischen Bäume („Baumsavannen") brennen selten; lediglich bereits abgestorbene oder vom Wild umgeworfene Bäume werden vom Feuer konsumiert. Die offenen Baumsavannen sind nicht nur das Ergebnis des Feuereinflusses, sondern auch der Einwirkungen der Wildtiere durch den Verbiß von Bäumen und Sträuchern, die Beweidung der Bodenvegetation und das Trampeln bzw. Umwerfen von Bäumen, z.B. durch Elefanten. Viele Wildtierarten wiederum könnten in den Savannen nicht vorkommen, wenn diese nicht regelmäßig durch Feuer „freigeräumt" würden.

Ein regionales Feuerexperiment, wie STARE/SAFARI, muß sich daher auch der Gesamtheit des Lebensraumes Savanne widmen, in dem Feuer ja kein neuartiges Phänomen ist. Gerade im südlichen Afrika findet sich der älteste Nachweis der Nutzung von Feuer durch Hominide von vor ca. 1,5 Mio. Jahren. Damit ist auch davon auszugehen, daß seit dieser Zeit, mit zunehmender Besiedlung des Raumes durch den Menschen, der Einfluß anthropogener Feuer zugenommen hat. Die natürlichen Savannenbrände, die durch Blitzschlag entstehen, treten in ihrer relativen Bedeutung zunehmend zurück. Um die im Zusammenhang mit den Savannenbränden heute meßbaren Phänomene erklären zu können, wird auch an der Erforschung der Feuergeschichte Afrikas gearbeitet. Das Max-Planck-Institut untersucht derzeit die Sedimente des Albert-Sees (Mobutu Sese Seko, Uganda), aus denen nicht nur pollenanalytische Untersuchungen Rückschlüsse auf die frühgeschichtliche Vegetation zulassen, sondern über die Auswertung eingelagerter Holzkohlepartikel auch die Veränderungen der Feuerhäufigkeit.

Feuersturm im borealen Nadelwald

Mit dem Öffnungsprozeß in der Sowjetunion konnte in vielen Bereichen der Umweltforschung die Zusammenarbeit intensiviert werden. So wurde in der Feuerforschung bereits 1991 ein erster Kontakt zur Zusammenarbeit geknüpft, der zwei Jahre später, im Juni-Juli 1993 zur Realisierung der Fire Research Campaign Asia-North (FIRESCAN) in Sibirien führte. Im Gegensatz zu den Grasfeuern der tropischen Savannen können die

Der neue Zinsser

Der neue farbige und handliche Gesamtkatalog enthält auf 288 Seiten über 2.000 Produkte für die angewandte Biochemie:

Flüssig-Szintillation: Szintillatoren, Cocktails und Zubehör, Spezialgeräte für die Probenvorbereitung und Low-Level-Messung und eine Einführung in die Probenvorbereitung.

Chromatographie: Lösemittel für HPLC und Rückstandsanalytik, Autosampler und Probenfläschchen, Kartuschen für die Festphasenextraktion, Spezialdetektoren, Gegenstrom-Chromatographiegeräte, SPE-Systeme, Mikrolitersprizen.

Zellkultur: Cell-Harvester, Wascher und Dispenser von Skatron für Mikrotiterplatten; Flaschen und Geräte für Suspensionskulturen, Rollerapparate, Spezial-Probenfläschchen und Homogenisatoren von Wheaton.

Mikrobiologie: Nährbodenautomaten, Plattengießmaschinen, Luftkeimsammler, automatische Hemmhofbestimmung.

Flüssigdosierung und Liquid Handling: Schlauchpumpen-Dosiergeräte, Pipettierautomaten und Applikationslösungen mit Hard- und Software für RIA, ELISA, Serologie, Probenverteilung und Probenvorbereitung.

Probenfläschchen aus Glas und Kunststoff von 0,1 ml bis 1000 ml mit Schraub- oder Crimpverschluß und Dichtungen für jeden Anwendungszweck.

Mikro-Glasapparaturen: Laborglasgeräte im Halb-Mikro-Maßstab, Kleinstrührer.

Mikrolitersprizen von 0,1 µl bis 20 ml für die Chromatographie, Präzisionsdosierung und mechanische Dosiersysteme.

ZINSSER ANALYTIC GMBH
Postfach 94 02 97, D-60460 Frankfurt
Telefon (0 69) 78 91 06-0, Fax (0 69) 78 91 06-80

ZINSSER ANALYTIC

ERFAHRUNG, DIE MAN KAUFEN KANN

▲ Weitere Informationen über Kennziffer **51**

Feuer in den borealen Kiefern-Fichten-Wäldern erheblich einschneidendere Auswirkungen auf das Vegetationssystem haben. In den kontinentalen, trockenen Sommern Sibiriens stellen sich Waldbrände häufig als sehr intensive (heiße) Vollfeuer dar, die die Waldentwicklung von Jahrzehnten oder sogar Jahrhunderten soweit zurücksetzt, daß eine völlige Neuentwicklung vom Punkt Null beginnen muß.

Die erste Meßkampagne, die mit ca. 30 Wissenschaftlern von Forschungseinrichtungen aus acht Nationen 1993 in den Region Krasnoyarsk durchgeführt wurde, konzentrierte sich auf die Vermessung eines extrem intensiven Waldbrandes (Abb. 7). Neben der ausführlichen Beschreibung (Quantifizierung) des Feuerverhaltens und der ökologischen Auswirkungen des Feuers auf den Waldbestand (dies beinhaltet langfristige Beobachtungen über Jahrzehnte, die mit diesem Experiment eingeleitet wurden) wurden vom Hubschrauber und vom Boden aus Emissionsmessungen durchgeführt. Die erste Auswertung der Meßergebnisse zeigt, daß im Gegensatz zu den Savannenfeuern bei dem Waldbrand wahrscheinlich ein größerer Anteil chemisch und photochemisch reaktiver Kohlenstoffverbindungen freigesetzt wird. Dies ist auf die unvollständigere Verbrennung der pflanzlichen Biomasse zurückzuführen. Darüber hinaus wurden hohe Anteile an Methylchlorid im Rauch gefunden, das zum Abbau des stratosphärischen Ozons beiträgt („Ozonloch").

7 Die ersten Analysen von Emissionen aus einem Waldbrand hoher Intensität in der Region Krasnoyarsk (Sibirien) zeigen, daß vergleichsweise mit den Savannenfeuern ein hoher Anteil von chemisch und photochemisch reaktiven Kohlenstoffverbindungen freigesetzt werden. Bei der Untersuchung des kontrolliert gelegten Großwaldbrandes nahmen Wissenschaftler aus acht Nationen teil und untersuchten neben den Emissionen von Spurengasen und Aerosolen auch die Auswirkungen des Feuers auf das Ökosystem des borealen Waldes. Photo: J. G. Goldammer.

Rauchschleier über Südostasien

In der zweiten Hälfte der 90er Jahre wird das MPIC sich dem Feuergeschehen in Südostasien widmen. Die während der Trockenzeit über der Region hängenden Rauchschleier, die sich bei großräumigen Inversionswetterlagen zu einem Smog verdichten und erhebliche Probleme in Sichtbehinderung und für die Gesundheit mit sich bringen (so in den Jahren 1982 – 83, 1987 und 1991), haben vielfältige Ursprünge: In Indonesien und Malaysia und in den kleineren Nachbarländern wird unvermindert umfangreich der tropische Regenwald in andere Nutzungsformen umgewandelt. Dabei wird der größte Teil der industriell nicht verwertbaren Waldbäume und ihrer wertvollen, artenreichen Begleitvegetation verbrannt. In den trockenen Monsunwäldern Festland-Südasiens brennen darüber hinaus jährlich viele Millionen Hektar. Diese Brände stellen sich meist als Bodenfeuer dar, an die diese Wälder angepaßt sind. Zusammen mit dem großflächigen Abbrennen von Reisstroh und den Waldumwandlungsfeuern im tropischen Tiefland ergibt sich eine ausgesprochen starke Emissionsbelastung der gesamten Region. Das MPIC bereitet hierzu die Meßkampagne South East Asian Fire Experiment (SEAFIRE) vor, die sich auf ökologische und atmosphärenchemische Untersuchungen in Indonesien, Vietnam, Thailand, Malaysia und weiteren Anrainerstaaten stützen wird.

Fazit

Durch die seit einigen Jahren verstärkte Erforschung von Vegetationsbränden hat sich der Kenntnisstand über die Auswirkungen der Feuer auf Ökosysteme, biogeochemische Kreisläufe und klimarelevante Beeinflussung der Atmosphäre erheblich verbessert [5, 9]. Es ist offensichtlich, daß ihre Bedeutung für globale Öko-

ECS 1600 – Neu

ECS 1600 – der erste Analyzer welcher mit der Euroglas Digital-Coulometrie (EDC) ausgerüstet ist. Alle Vorteile und Erfahrungen der Modelle ECS 1000 bzw. ECS 2000 sind in diesem Analyzer vereint, verbunden mit verbesserter Präzision und Empfindlichkeit.

- Schwefel und Halogen (AOX-EOX-POX) Bestimmungen in einem System
- Module ermöglichen einen schnellen und einfachen Wechsel zwischen Feststoff-, Flüssigkeits- und Gasproben
- Neues coulometrisches Defektionsverfahren: EDC
- Echtzeit-Kurven mit Standard
- Handling und bedienungsfreundliche Software durch Menüsteuerung
- Datenpräsentation entsprechend international GLP

Laborgeräte Handels-gesellschaft mbH

Schwetzinger Straße 90
76139 Karlsruhe
Telefon 07 21/68 87 17-18
Telefax 07 21/6 76 72

Büro Halle
Kleine Ulrichstraße 18
06108 Halle/Saale
Tel. 03 45/50 18 62-63 · Fax 03 45/2 34 41

▲ Weitere Informationen über Kennziffer **52**

systemprozesse bis vor kurzem noch unterschätzt wurde. Die bestehenden Wissenslücken sind, aus globaler Sicht, quantitativer Natur. Beispielsweise beruhen die bisherigen Modellrechnungen über den Beitrag von Verbrennung pflanzlicher Biomasse im globalen Kohlenstoffkreislauf auf Einschätzungen mit einem hohen Grad an Unsicherheit. Die Weiterentwicklung von weltraumgestützten Sensoren zur Erfassung von Vegetationsbränden bzw. der von ihnen hinterlassenen Spuren ist notwendig, und es bedarf ihrer systematischen Anwendung, um zu einem kohärenten globalen Bild zu kommen. Hierzu bedarf es einer Stärkung der Technologieentwicklung und der Förderung von Strukturen in Forschung und operationaler Anwendung, insbesondere im Zusammenhang mit den Entwicklungsländern, die unbedingt Priorität genießen sollte.

Literatur

[1] Andreae, M. O. 1993. The influence of tropical biomass burning on climate and the atmospheric environment. In: Biogeochemistry of global change: Radiatively active trace gases (R. S. Oremland, ed.), 113 – 150. Chapman & Hall, New York.

[2] Andreae, M. O. and J. G. Goldammer 1992. Tropical wildland fires and other biomass burning: Environmental impacts and implications for land use and fire management. In: Conservation of West and Central African Rainforests (K. Cleaver et al., eds.), 79 – 109. World Bank Environ. Paper 1. The World Bank, Washington, D. C.

[3] Crutzen, P. J., L. E. Heidt, J. P. Krasnec, W. H. Pollock and W. Seiler 1979. Biomass buring as a source of atmospheric gases CO, H_2, N_2O, CH_3Cl and COS. Nature 282, 253 – 256.

[4] Crutzen, P. J. and M. O. Andreae 1990. Biomass burning in the tropics: Impact on atmospheric chemistry and biogeochemical cycles. Science 250, 1669 – 1678.

[5] Crutzen, P. J. and J. G. Goldammer (eds.) 1993. Fire in the environment. The ecological, atmospheric, and climatic importance of vegetation fires. Dahlem Workshop Reports, Env. Sci. Res. Rep. 13, John Wiley & Sons, Chichester.

[6] Goldammer, J. G. (ed.) 1990b. Fire in the tropical biota. Ecosystem processes and global challenges. Ecological Studies 84, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg,New York, 497 p.

[7] Goldammer, J. G. 1993. Feuer in Waldökosystemen der Tropen und Subtropen. Birkhäuser-Verlag, Basel-Boston, 251 p.

[8] Helas, G., J. P. Lacaux, R. Delmas, D. Scharffe, J. Lobert, J. Goldammer and M. O. Andreae 1992. Ozone as biomass burning product over Africa. Fresenius Envir. Bull. 1, 155 – 160.

[9] Levine, J. S. 1991. Global biomass burning. Atmospheric, climatic and biospheric implications. The MIT Press, Cambridge, Massachussetts, 569 p.

[10] Harris, G. W., T. Zenker, F. G. Wienhold, M. Welling, U. Parchatka, M. O. Andreae, R. Koppmann and J. Rudolph 1993. Distribution of trace gases in the southern African boundary layer during September and October 1992. Am. Geophys. Union Fall 1993 Meeting, San Francisco, California, 6 – 10 December 1993 (in press).

Das System-pH-Meter von WTW

pH 539 RS

Nicht nur für Computer-Freaks...

Können Sie in 50 Milli-Sekunden einen pH-Wert notieren?

Wir auch nicht! Aber das pH 539 RS mit Schnittstelle RS 232 überträgt Meßwerte in dieser Geschwindigkeit an Ihren Computer. Bei einer Baudrate von 1200 bekommen Sie dann automatisch auch Temperatur, Datum und Uhrzeit gleich mitgeliefert. Unser High-Tec pH-Meter öffnet Ihnen somit den Weg zur anspruchsvollen Dokumentation und Meßwertverarbeitung.

Zeit ist Geld – überlassen Sie doch Ihrem Computer die Arbeit.

Daß ein modernes Präzisions-pH-Meter über eine Kalibrierautomatik DBPa., Speichermöglichkeit für Puffer, automatische Temperaturkompensation und parallele Temperaturmessung verfügt, ist für uns selbstverständlich. Sie können ganz sicher sein – das einzige worauf wir verzichtet haben sind Kompromisse. Nehmen Sie uns beim Wort und überzeugen Sie sich selbst.

Prospekte erhalten Sie bei Ihrem Fachhändler oder direkt bei uns.

TÜV CERT DIN ISO 9001

Qualität ist unsere Norm
Wir sind zertifiziert nach DIN ISO 9001

Physikalisch-chemische Meß- und Analysengeräte

WTW

Wissenschaftlich-Technische Werkstätten GmbH
Dr. K. Slevogt · D-82362 Weilheim · Dr.-Karl-Slevogt-Str. 1
Tel. (0881) 183-0 · Ttx 881803 · Fax (0881) 62539

Tochterfirmen: Österreich – Wien · Frankreich – Lyon

▲ Weitere Informationen über Kennziffer **53**