

## Arbeitskreis Atmosphärenchemie (AKAC)

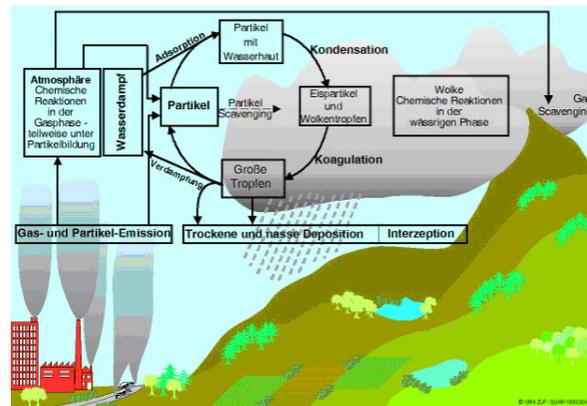
der Fachgruppe  
Umweltchemie und Ökotoxikologie

(Stand: 09/2006)

## 1. Überblick

Die Luft ist unser vielleicht wichtigstes „Lebensmittel“. Den meisten Menschen wird dieses jedoch erst bewusst, wenn sie knapp wird oder zum Atmen nicht mehr taugt, weil sie verunreinigt ist. Es sind in der Atmosphäre ablaufende chemische Prozesse, die aus natürlichen und anthropogenen Quellen emittierte Spurenstoffe in Verbindungen überführen, die von der Erdoberfläche leicht aufgenommen werden können. Damit hat die atmosphärische Chemie eine Schlüsselrolle bei der Erhaltung einer intakten Atmosphäre, auf der die Existenz der Biosphäre einschließlich des Menschen beruht. Wissenschaftliches Verständnis der Faktoren, die diese Selbstreinigungsfähigkeit steuern und eventuell beeinträchtigen, und die letztlich die chemische Zusammensetzung der Atmosphäre bestimmen, ist das Hauptanliegen des Fachgebietes Atmosphärische Chemie. Weil einige Spurenstoffe Treibhausgase sind, beeinflussen sie auch das Klima der Erde.

Methodisch wird die Chemie der Atmosphäre als atmosphärischer Teil biogeochemischer Kreisläufe derjenigen Elemente behandelt, die für die Atmosphäre wichtig sind. Dazu gehören Kohlenstoff, Stickstoff, Sauerstoff, Schwefel und die Halogene. Ihre Chemie in der Atmosphäre zeichnet sich dadurch aus, dass Austausch- und Umwandlungsgeschwindigkeiten wesentlich schneller vor sich gehen als im Boden oder Wasser. Dadurch machen sich Veränderungen des atmosphärischen Systems, die vielfach durch menschliche Aktivitäten verursacht werden, vergleichsweise schnell bemerkbar.



**Abb.1:** Das troposphärische Multiphasensystem

Mit den Ergebnissen der Grundlagenforschung auf dem Gebiet der Chemie der Atmosphäre können Vorsorgemaßnahmen zur Abwendung größerer schädlicher Auswirkungen auf Mensch und Klima getroffen werden. In dieser Anwendbarkeit im vorbeugenden Umweltschutz liegt die große Bedeutung der Atmosphärenchemie.

## 2. Historie und Erfolge

### Stratosphärisches Ozon

Ein überzeugendes Beispiel für die Synergie zwischen Grundlagenforschung und angewandter Atmosphärenchemie sind die reaktionskinetischen Berechnungen, die S. Chapman in den dreißiger Jahren des letzten Jahrhunderts zur Erklärung des Auftretens der stratosphärischen Ozonschicht in ca. 20 km Höhe durchgeführt hat. Diese Berechnungen sind nicht denkbar ohne die Arbeiten, die Physikochemiker wie z. B. M. Bodenstein und K.F. Bonhoeffer geleistet haben, indem sie zuvor mit grundlegenden Laborversuchen die für die kinetischen Berechnungen notwendigen Geschwindigkeitskonstanten der beteiligten photochemischen Reaktionen ermittelten.

Im weiteren Verlauf der Entwicklung haben Erich und Victor Regener eine Messmethode entwickelt, mit der sie als erste die Modellrechnungen von Chapman durch direkte Feldmessungen mit ballongetragenen Ozonsonden überprüfen konnten.

Dieses Zusammenspiel von Labor- und Feldmessungen einerseits und Modellrechnungen andererseits ist bis heute für die Atmosphärenchemie im Allgemeinen und für die weitere Erforschung der Ozonschicht im Besonderen bezeichnend geblieben. So wurden im Jahr 1995 die Chemiker M. J. Molina und F.S. Rowland für ihre experimentellen Untersuchungen über die Auswirkungen des steigenden Einsatzes von Fluorchlorkohlenwasserstoffen (FCKWs) auf den Bestand der Ozonschicht gemeinsam mit dem Mainzer Atmosphärenforscher P. Crutzen mit dem Nobelpreis für Chemie ausgezeichnet. Die sich aus den Befunden über die FCKWs ergebenden Forderungen nach Vorsorgemaßnahmen führten mit dem Protokoll von Montreal zum Verbot bestimmter für die Ozonschicht besonders schädlicher Fluorchlorkohlenwasserstoffe.

### *London-Smog und saurer Regen*

Weitere wichtige Beispiele für die Synergie zwischen Grundlagenforschung und angewandter Atmosphärenchemie sind der so genannte London-Smog und der saure Regen. Während einer speziellen Wetterlage mit einer erhöhten Konzentration bestimmter Luftschadstoffe starben im Dezember 1952 in London mehr als 3000 Menschen. Die Atmosphärenchemie konnte zeigen, dass diese zusätzlichen Todesfälle im Wesentlichen durch den Luftschadstoff Schwefeldioxid verursacht worden waren. Diese Verbindung wurde dann später auch als Hauptursache für den sauren Regen identifiziert. Diese Untersuchungen führten schließlich zu wirksamen gesetzlichen Auflagen, die in der Folge den Schwefeldioxidausstoß erheblich verringert haben. Heute spielt diese Verbindung in den westlichen EU-Ländern praktisch keine Rolle mehr.

### *Photo- und Sommersmog, Katalysator*

Neben dem London-Smog spielt der so genannte Sommersmog, auch Los-Angeles-Smog genannt, eine wichtige Rolle in der Atmosphärenchemie. Unter Einwirkung von Sonnenlicht kommt es an warmen Tagen aus Stickoxiden und Kohlenwasserstoffen zur Bildung von Photosmog, d. h. Ozon und weiteren toxischen Stoffen. Die Atmosphärenchemie hat wesentlich dazu beigetragen, die komplexen chemischen Vorgänge der Smogchemie zu verstehen. Als Folge dieser Arbeiten wurde in den achtziger Jahren des letzten Jahrhunderts der Abgaskatalysator für Kraftfahrzeuge gesetzlich vorgeschrieben, um so den Ausstoß wichtiger Ozon-Vorläufersubstanzen zu begrenzen und letztlich die Ozonbelastung in der unteren Atmosphäre zu reduzieren.



**Abb. 2:** Sommersmog und Inversionswetterlage in Köln

### *Feinstäube*

Insbesondere durch die neuen EU-Richtlinien mit verbindlichen Grenzwerten in der bodennahen Atmosphäre sind wegen häufiger Überschreitung in vielen deutschen Innenstädten Feinstäube in das Interesse der Öffentlichkeit getreten. Feinstäube sind luftgetragene Partikel mit zum Teil komplexer organischer Zusammensetzung. Die Atmosphärenchemie leistet in diesem Themenkomplex wichtige Beiträge zum besseren Verständnis der Bildung von Partikeln und deren Charakterisierung in der Atmosphäre. Sie hilft damit die Gesundheitsrisiken durch Feinstäube aus umweltmedizinischer Sicht besser einzuschätzen.

## 3. Aufgaben der Atmosphärenchemie

Zu den Aufgaben, die der Atmosphärenchemie zukommen, gehören u. a.:

- Bewertung von Luftverunreinigungen und Erstellung von Stoffbilanzen
- Durchführung gezielter Feldmesskampagnen
- Langzeitbeobachtungen der Verteilung atmosphärischer Spurenstoffe (Messstationen in nationalen und globalen Netzwerken)
- Aufklärung von Kinetik und Mechanismen chemischer Reaktionen in der Atmosphäre durch Laborexperimente und in Simulationskammern
- Aufklärung von Stofftransporten (Schadstoffausbreitung) und Deposition atmosphärischer Spurenstoffe
- Untersuchungen zum Stoffaustausch Atmosphäre – Erdoberfläche (Festland, Biosphäre, Ozean und Eis)
- Entwicklung und Verbesserung von atmosphärenchemischen Modellen
- Entwicklung von Methoden zur atmosphärischen Spurenstoffanalytik
- Untersuchungen der Schadstoffbelastung von Innenräumen

### *Atmosphärenchemie in Deutschland*

Die Forschung im Bereich der Atmosphärenchemie in Deutschland hat in den vergangenen 25 Jahren, nicht zuletzt aufgrund entsprechender Förderprogramme, ein weltweit anerkannt hohes Niveau erreicht.

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) förderte die deutschen Beiträge zu den europäischen Projekten EUROTRAC 1 und 2 innerhalb der EUREKA-Initiative (1988-2000), das Ozonforschungsprogramm OFP mit seinen zwei Teilen (1986-1999), das Troposphärenforschungsprogramm TFS (1996-1999), das Aerosolforschungsprogramm AFS(1998-2000) und schließlich das Atmosphärenforschungsprogramm AFO2000 (2000-2005). Neben diesen größeren koordinierten Programmen wurden weitere Initiativen durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) innerhalb mehrerer Sonderforschungsbereiche, Forschergruppen und Schwerpunktprogramme und auch durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) im Verbundvorhaben „Atmosphärische Diagnostik“ gefördert. Daneben fördert die DFG durchgängig kleinere verbundene Vorhaben sowie Einzelprojekte.

Alle genannten Programme und Projekte waren sehr erfolgreich und haben dazu beigetragen, dass Beiträge zur Atmosphärenchemie aus Deutschland heute weltweit einen hervorragenden Ruf genießen.



**Abb.3:** Messstelle „Pabsthum“ während des Berlin-Ozonexperimentes (BERLIOZ).

### *Interdisziplinarität*

Die Atmosphärenchemie ist eine interdisziplinäre Wissenschaft. Zum Verständnis der Vorgänge in der Atmosphäre ist es unerlässlich, dass Chemiker mit Physikern, Meteorologen und Wissenschaftlern weiterer Disziplinen zusammenarbeiten.

### Internationale Zusammenarbeit

Forschung im Bereich Atmosphärenchemie ist heute multinational, da Luft keine Grenzen kennt. Die auf dem Gebiet in Deutschland tätigen Arbeitsgruppen sind bereits international zusammengesetzt und kooperieren auf vielfältige Art bei der Durchführung internationaler Verbundprojekte in Europa und besonders auch mit Partnern aus den USA und Asien.

### Atmosphärenchemie als Spezialisierung

Studierende der Chemie und anderer naturwissenschaftlicher Disziplinen sollen ermutigt werden, Forschung im Bereich der Atmosphärenchemie für ihre berufliche Qualifizierung in Betracht zu ziehen. Bisherige Absolventen mit dieser Qualifikation konnten in Bereichen wie Physikalischer Chemie, Analytik, Messtechnik, Behördliche Umweltüberwachung, Sicherheitstechnik und Produktion erfolgreiche Berufskarrieren gestalten.



**Abb. 4:** Messsysteme in der atmosphärenchemischen Forschung

## 4. Der Arbeitskreis Atmosphärenchemie (AKAC)

Derzeit sind im AK Atmosphärenchemie (AKAC) in der Fachgruppe Umweltchemie und Ökotoxikologie der Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh) die meisten universitären und zahlreiche außeruniversitäre Arbeitsgruppen vertreten, die sich im deutschsprachigen Raum mit diesem Forschungsfeld beschäftigen. Qualitative Bestandsaufnahmen der im atmosphärischen Mehrphasensystem auftretenden Spurenstoffe und die quantitative Bestimmung ihrer Konzentrationen in den einzelnen Phasen sind Aufgabenbereiche für die Analytische Chemie, die für Feldmessungen

kompetent und geeignet ist. Untersuchungen zur Dynamik des Austauschs und der Umwandlung von Spurenstoffen innerhalb des atmosphärischen Mehrphasensystems liegen im Kompetenzbereich der Physikalischen Chemie. Aufgrund von Feldversuchen werden in diesem Bereich der Atmosphärenchemie z. B. die Phasenverteilung der Spurenstoffe und ihre Umwandlungsraten ermittelt. Zur Überprüfung der Hypothesen und Quantifizierung der Phänomene, z. B. in Form von Verteilungskoeffizienten und Reaktionskonstanten, sind Laborversuche unerlässlich, in denen die Feldbedingungen simuliert und die Randbedingungen möglichst realitätsnah variiert werden können. Die in der Atmosphärenchemie ermittelten Beziehungen zwischen Tageslicht, Stoffkonzentrationen, Phasenverteilung und Umwandlungsgeschwindigkeit müssen geeignet sein für die Anwendung in dynamischen Modellen etwa zur Prognose der Ausbreitung von Spurenstoffen oder ihrer Deposition in quellfernen Regionen.

Die drei Bereiche Feldmessungen, Laboruntersuchungen und Modellierung sind im AKAC gleichgewichtig vertreten.

Der Arbeitskreis ist offen für alle, die sich mit dem Arbeitsfeld Chemie der Atmosphäre und den Bereichen Laboruntersuchungen, Feldmessungen und Modellierung beschäftigen. Der AK Atmosphärenchemie strebt eine stärkere Beteiligung von Chemikern aus Industrie, Wirtschaft und Behörden an.

Der AKAC hat folgende Aufgaben:

- Beratung von Organisationen, Politik und Gesellschaft zum gegenwärtigen Zustand der Atmosphäre auf der Basis neuester Erkenntnisse
- Beurteilung der Rolle der Atmosphärenchemie im globalen Wandel (global change).
- Vermittlung des Wissens der Atmosphärenchemie in der universitären Lehre als wichtiger Teil der Umweltchemie
- Durchführung und Betreuung von Doktor- und zukünftig auch Bachelor- und Masterarbeiten mit atmosphärenchemischen Fragestellungen
- Beteiligung von AK Mitgliedern in virtuellen Instituten der Atmosphärenforschung
- Durchführung nationaler und internationaler Drittmittelprojekte

Derzeit beschäftigen sich die im AKAC vertretenen Gruppen mit den folgenden Themenkomplexen

- Laboruntersuchungen zu Photochemie und Kinetik atmosphärenrelevanter Reaktionen.
- Troposphärische Multiphasenchemie
- Aerosolchemie
- Eischemie
- Stratosphärenchemie
- Atmosphärenchemie in den Polargebieten
- Atmosphärenchemie der Tropen
- Chemische Klimatologie
- Modellierung atmosphärenchemischer Prozesse

## 5. Kontakte

**Prof. Dr. H. Herrmann**, (*Vorsitzender*) Leibniz-Institut für Troposphärenforschung e. V., Permoserstraße 15, 04318 Leipzig  
Telefon +49 (0)341 235 2446, Fax: +49 (0)341 235 2325  
*E-Mail: herrmann@tropos.de*

**Prof. Dr. P. Wiesen**, (*stellv. Vorsitzender*) Bergische Universität Wuppertal Gaußstraße 20, 42119 Wuppertal  
Telefon +49 (0)202 439 2515, Fax: +49 (0)202 439 2757  
*E-Mail: wiesen@uni-wuppertal.de*

**Gesellschaft Deutscher Chemiker e. V.**, Varrentrappstr. 40-42  
60486 Frankfurt am Main, Postfach 90 04 40  
60444 Frankfurt am Main  
Telefon: +49 (0)69 7917 363, Fax: +49 (0)69 7917 450  
*E-Mail: u.bechler@gdch.de*

## 6. Mitgliedschaft

Mitglied im AKAC werden Sie über die Gesellschaft Deutscher Chemiker (ordentliches Mitglied: 120,- €/Jahr, Studenten: 30,- € und die Fachgruppe Umweltchemie und Ökotoxikologie (15,- €/Jahr, Studenten: 5,- €/Jahr).

Ausführliche Unterlagen zur Mitgliedschaft fordern Sie bitte unter Tel.: 069 7917-335 oder 372, Fax: 069 7917-374 oder E-Mail: [ms@gdch.de](mailto:ms@gdch.de) an.

Besuchen Sie uns auch im Internet unter <http://www.gdch.de>!