

BRÖNNIMANN, ST. 2002. Ozon in der Atmosphäre. 183 Seiten, zahlreiche farbige und s/w Abbildungen. Verlag Paul Haupt, Bern, usw. ISBN 3-258-06347-7, Fr. 38.–.

Die Tatsache, dass der Ausstoss von unterschiedlichen Schadstoffen unserer Zivilisation zu zwei verschiedenen Ozonproblemen in der Atmosphäre geführt hat, gehört wohl heute zum Allgemeinwissen. Die Fluorchlorkohlenwasserstoffe und andere ozonzerstörende Substanzen haben den Ozonschild geschädigt, die Emissionen der Stickoxide und der reaktiven organischen Spurenstoffe haben die Bildung des Sommersmogs verursacht. Auch die meisten Mittelschüler(-innen) werden über diese wichtigen atmosphärischen Probleme informiert, die durch unsere heutige Lebensweise entstanden sind. Schon eher nur Spezialwissenschaftler(-innen) wissen, dass das Ozon auch ein wichtiges Treibhausgas ist, dessen Konzentrationszunahme seit dem Zweiten Weltkrieg wie Kohlendioxid zur Klimaerwärmung und den entsprechenden Klimaänderungen erheblich beigetragen hat, was wahrscheinlich auch in Zukunft wichtig sein wird. Damit zeigt sich die Aktualität dieses interessanten Buches: Es enthält die notwendigen Informationen, die es auch Nichtfachleuten erlauben, die Diskussionen über diesen wichtigen atmosphärischen Spurenstoff und der entsprechenden menschlichen Tätigkeiten, so wie sie sich zu Beginn des einundzwanzigsten Jahrhunderts darstellen, zu verstehen. Diese Grundlagen erlauben es dem/der Leser(-in), die vielen Informationen über Ozon, die uns über die Massenmedien erreichen, einzuordnen.

Das Buch ist präzise und klar geschrieben und vermittelt einen ausgezeichneten Überblick. Die vielen attraktiven und interessanten (Farb)abbildungen und Graphiken illustrieren den Text und enthalten viele zusätzliche Informationen. Dem Autor, der sich nach einem Geographiestudium an der Universität Bern in einer Doktorarbeit (hauptsächlich) mit dem Ozon als Luftschadstoff in den bodennahen Schichten beschäftigt hat, gelingt es zu zeigen, dass sowohl die chemischen Vorgänge als auch der Transport (d. h. die Meteorologie) notwendig sind, um das Verhalten dieses zentralen Spurenstoffs in der Atmosphäre verstehen zu können. Nach einem Vorwort von Prof. H. Wanner und der Einleitung folgen 7 weitere Kapitel, die mit Ausnahme des Ausblicks analog aufgebaut sind: Nach einer Einleitung folgen mehrere Unterkapitel (eines über die Messmethoden in den Kapiteln 2 bis 6), am Schluss folgt die Zusammenfassung und das Fazit.

In Kapitel 2 werden die Eigenschaften und das Vorkommen dieses eigenartigen dreiatomigen Sauerstoffmoleküls erläutert, das «Ozon» genannt wird. Zudem enthält dieses Kapitel die chemischen Gleichungen, die das Vorkommen von Ozon in der mittleren Atmosphäre (Stratosphäre) erklären. Tatsächlich bestimmen die Eigenschaften dieses Moleküls sehr wichtige Eigenschaften in der Atmosphäre, etwa die Absorption der gefährlichen Anteile der Sonnenstrahlung, weshalb die Ozonschicht auch die natürliche «Sonnenbrille» unserer Erdatmosphäre ist, ohne die das Leben auf dem Land in seiner heutigen Form nicht möglich wäre. Durch die Absorption des Sonnenlichtes im UV-B-Bereich (280 bis 320 nm) entsteht das reaktive Hydroxylradikal, das wichtigste «Reinigungsmittel» der Atmosphäre, durch dessen Reaktionen die meisten gasförmigen

Schadstoffe abgebaut werden. Zudem ist die Absorption des Lichtes im Infrarotbereich dafür verantwortlich, dass Ozon ein klimawirksames Gas ist.

Die folgenden Kapitel sind nach ihrer Höhe in der Atmosphäre gegliedert. Zuerst dasjenige über «Ozon in der Stratosphäre», die sich in mittleren Breiten von etwa 10 bis 50 km über Meer erstreckt und wo sich etwa 90% des Ozons der atmosphärischen Kolonne befindet. Im ersten Unterkapitel werden die heutigen Messmethoden des stratosphärischen Ozons dargestellt, inklusive derjenigen der Satellitenmessungen, die eine globale Überwachung des Ozonschildes erlauben. Anschliessend wird die heutige Kenntnis über die Mechanismen, die das Ozon in der Stratosphäre zerstören, übersichtsmässig beschrieben; insbesondere die Vorgänge, die zum antarktischen Ozonloch geführt haben, werden erklärt. Im nächsten Unterkapitel wird der Einfluss der Zirkulation auf die stratosphärische Ozonverteilung in mittleren Breiten erklärt, wobei auch andere Arbeiten des Autors berücksichtigt sind. Nach der Beschreibung der Wechselwirkungen zwischen Klima und Ozonschicht wird die solare UV-Strahlung am Erdboden und deren Einflussfaktoren, insbesondere das stratosphärische Ozon, kurz erläutert.

Sehr interessant ist auch das Kapitel über das Ozon in der freien Troposphäre, die sich von ca. einem km über dem Erdboden bis auf die Höhe der Tropopause erstreckt (die Trennschicht zwischen der Stratosphäre und der Troposphäre). Dieses Gebiet fand in letzter Zeit in der Forschung eine zunehmende Beachtung, einerseits, weil Ozon in der oberen Troposphäre ein starkes Treibhausgas ist, andererseits, weil dieser wichtige Schadstoff und gewisse der Vorläuferschadstoffe in der freien Troposphäre über grosse Distanzen transportiert werden können. Ozon in der freien Troposphäre kann aus der Stratosphäre oder aus der bodennahen Luft stammen oder es kann in der freien Troposphäre gebildet werden. Erwähnt werden auch die internationalen Messkampagnen, mit welchen unter massgeblicher Beteiligung der Universität Bern das Ozon auf dem Jungfrauoch untersucht wurde. Die photochemischen Reaktionen der freien Troposphäre können dort bei bestimmten Wetterlagen unter (weitgehend) natürlichen Bedingungen, quasi in einem «Feldlabor», detailliert untersucht werden. Auch die Arbeiten des Autors über den Transport von Ozon und Vorläuferschadstoffen zwischen der bodennahen Grenzschicht und der freien Troposphäre werden kurz dargestellt.

Das Kapitel «Ozon in der Grenzschicht», d. h. in der bodennahen Luft, die sich vom Erdboden im Allgemeinen bis auf eine Höhe von ca. 1 km ausdehnt, ist das ausführlichste. Es zeigt auch die interessanten Ergebnisse, die in der Doktorarbeit von S. Brönnimann gefunden wurden. Es enthält deshalb auch Informationen, die für Spezialist(-inn) sehr interessant sind. Der Sommersmog, d. h. die übermässigen Ozonkonzentrationen in der bodennahen Luft, beschäftigt die schweizerische Luftreinhaltepolitik und die Öffentlichkeit seit den 80er Jahren und stand anfangs auch im Zusammenhang mit der Waldschadensdebatte. Ozon wird aus den Primärluftschadstoffen, d. h. den Stickoxiden und den reaktiven organischen Gasen und Kohlenmonoxid, unter dem Einfluss des Sonnenlichtes gebildet. Die schweizerischen Emissionen dieser Stoffe wurden seit der Mitte der 80er Jahre, etwa durch die Einführung von katalytischen Konvertern bei Benzinfahrzeugen, stark reduziert. Es stellt

sich natürlich die berechtigte Frage, inwieweit sich diese Massnahmen auch auf die Ozonkonzentrationen in der Schweiz ausgewirkt haben. Dies ist natürlich auch von allgemeinem politischem Interesse. Die Ozonspitzenwerte haben in den letzten Jahren in der Schweiz abgenommen, doch sind diese Reduktionen im Verhältnis zu den Emissionen der Primärluftschadstoffe gering. Seit dem schweizerischen Forschungsprojekt POLLUMET (Pollution and Meteorology) wissen wir, dass der Sommersmog nur durch europaweite grosse Anstrengungen effektiv reduziert werden kann, wozu natürlich auch die schweizerischen Reduktionen wichtig sind, auch wenn sie sich nur teilweise direkt in der Schweiz auswirken. Gleichzeitig haben jedoch die Konzentrationen im mittleren Konzentrationsbereich (sog. Hintergrundkonzentrationen) in den 90er Jahren des letzten Jahrhunderts stetig zugenommen. Diese Erscheinung wurde auch an anderen Orten der nördlichen Hemisphäre beobachtet. Es ist bekannt, dass die Emissionen der Ozonvorläufer in Asien seit den Achtzigerjahren des letzten Jahrhunderts sehr stark zugenommen haben, diejenigen der USA sind in dieser Zeit etwa konstant geblieben. Ist es möglich, dass sich die asiatischen Emissionen auf das Hintergrundozon in der Schweiz ausgewirkt haben? Diese Frage ist bis heute noch unbeantwortet.

Ein weiteres kürzeres Kapitel behandelt die Prozesse des Ozons an der Erdoberfläche und die biogenen Emissionen, die zur Ozonbildung beitragen. Die Zerstörung des Ozons an der Erdoberfläche (die so genannte trockene Deposition) und damit auch die Aufnahme durch die Spaltöffnungen der Pflanzen ist eine wichtige Senke des atmosphärischen Ozons. Damit wird dieser Schadstoff auch ein Stressfaktor für die Vegetation. Wie auch die international renommierte Forschergruppe zeigte, die früher an der landwirtschaftlichen Forschungsanstalt in Liebefeld tätig war und heute in Reckenholz arbeitet, führt die heutige Ozonbelastung in der Schweiz nicht nur zu erheblichen jährlichen landwirtschaftlichen Ernteeinbussen, sondern sie liegt auch klar über den entsprechenden Grenzwerten für die Wälder.

Schliesslich folgt ein sehr interessantes Kapitel über «die Geschichte der Ozonforschung». In der Schweiz wurde das Ozon vom in Basel lehrenden Chemiker Ch. F. Schönbein entdeckt, und in Arosa wirkte mit F.W.P. Götz einer der Pioniere der Ozonforschung der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts. Ihm verdanken wir nicht nur den ersten Teil der längsten (Gesamt)-Ozonmessreihe der Welt, sondern auch ausgedehnte Ozonmessreihen der Alpenluft. Götz vertrat die Ansicht, dass die gesunde ländliche Luft viel Ozon enthalte, wohingegen die Konzentration von Ozon in der «toten Stadtluft» viel geringer sei. Heute ist dieser Standpunkt sicher nicht mehr aufrecht zu erhalten, doch können wir dank seinen sorgfältigen Messungen zeigen, dass das Ozon seit den 50er Jahren des letzten Jahrhunderts um etwa einen Faktor zwei zugenommen hat, was wir heute der europaweiten, wenn nicht hemisphärischen Luftverschmutzung unserer Zivilisation zuschreiben. Im Ausblick äussert sich der Autor auch zu den erwarteten zukünftigen Entwicklungen. Die durch die Menschheit verursachte Zerstörung des Ozonschildes dürfte wahrscheinlich durch das Montrealer Protokoll (1987) und dessen Zusatzabkommen mit technologischen Massnahmen, nämlich mit dem Ersatz von ozonschädigenden Substanzen durch andere, langfristig wieder rückgän-

gig gemacht werden. Die anderen noch nicht gelösten Ozonprobleme, insbesondere die Ozonzunahme in der freien Troposphäre und damit dessen Einfluss auf das Klima, sind wohl viel schwieriger durch rein technologische Massnahmen lösbar, was möglicherweise in der Zukunft Verhaltensänderungen erfordern wird.

Für wen ist das Buch wohl am ehesten geschrieben, wer profitiert am meisten von dessen Lektüre? Dies ist eine schwierige Frage, da das Buch derart gestaltet ist, dass es für sehr viele Leser(-innen) nützlich ist. (Dank der Unterstützung durch den schweizerischen Nationalfonds kann es trotz der vielen illustrativen (Farb)abbildungen für einen sehr günstigen Preis von Fr. 38.– abgegeben werden.) Der potentiell grösste Leserkreis sind wohl Personen, die naturwissenschaftlich interessiert sind (denen das Lesen von chemischen Gleichungen (noch) einigermaßen vertraut ist) und für die die Umweltfragen unserer Zeit ein wichtiges Anliegen ist – die «Hochkonjunktur» des Sommersmogs ist zwar vorbei und das Ozonloch bekannt, doch das Buch zeigt klar, dass die Probleme mit dem Ozon noch keineswegs gelöst sind, bzw. dass sie sich eher verschoben haben. Im Glossar werden viele Begriffe kurz erklärt, so dass das Buch auch Nichtfachleuten zugänglich ist. Das ausgedehnte Register am Schluss des Buchs enthält viele Stichworte und die entsprechenden Seitenzahlen, wo diese im Buch erklärt sind; deshalb kann das ca. 180 Seiten dicke Buch auch als eine Art «Ozonlexikon» verwendet werden. Ein wichtiger Leserkreis sind auch Lehrer und Lehrerinnen, die insbesondere auf Gymnasialstufe und an Fachhochschulen viele wertvolle Informationen zur Gestaltung des Unterrichtes finden können. Es gehört wohl auch in die Bibliotheken der entsprechenden Schulen. Zudem richtet es sich an Kolleginnen und Kollegen. Das Buch enthält auch viele interessante Informationen, die für Fachpersonen lesenswert sind, insbesondere was die heutige Analyse der Luftqualität in der Schweiz betrifft – das hauptsächlich verwendete Material beruht auf vielen Fachveröffentlichungen des erfolgreichen jungen Wissenschaftlers, welche im Buch in einer sehr geschickten Weise auch dem allgemeineren Publikum zugänglich gemacht werden. Die detaillierte wissenschaftliche Diskussionsführung wird in den Anmerkungen genauer ausgeführt, welche vom eiligen und mehr an der Übersicht interessierten Leser übergangen werden können. Zudem ist das ausgedehnte Literaturverzeichnis, in welchem neben den wichtigsten Publikationen viele neue Übersichtsartikel zusammengestellt sind, auch für Fachwissenschaftler(-innen) sehr attraktiv. So bleibt mir nur noch der Wunsch, dass das Buch die ihm gebührende Verbreitung finden und von vielen Interessierten gelesen wird.

JOHANNES STAEHELIN

Nachschrift der Redaktion:

Wegen der Bedeutung von Werk und Besprechung wurde ausnahmsweise einer Rezension zugestimmt, deren Länge aussergewöhnlich ist und die auch **keine** kritische Würdigung des Inhalts enthält.