Ozon, gefährlicher Schadstoff und lebensnotwendiges Schutzschild?

Gegenwärtig steht der Ozonabnahme in der Stratosphäre eine Ozonzunahme in der Troposphäre gegenüber. Beide Prozesse haben eines gemeinsam: Sie gefährden das Leben auf der Erde und werden vom Menschen verursacht.

Ozon, ein lebensnotwendiges Spurengas unserer Atmosphäre tritt im Höhenbereich von etwa 15-45 km auf und erreicht in etwa 25 km Höhe seine größte Konzentration. Diese Atmosphärenschicht, die Stratosphäre, liegt oberhalb der Troposphäre, in der sich die Wetterprozesse abspielen, und die etwa 90 % der irdischen Luft enthält. Die Konzentration des Ozon beträgt zwar nur 0,000.006 % der Gase unserer Atmosphäre, ist jedoch ausreichend für die Wirkung als Schutzschild für das irdische Leben.

Ozon wirkt als Ultraviolettfilter, das heißt, es hält die lebenszerstörende kurzwellige Strahlung (kosmische, Röntgen- und UV- Strahlung) unter etwa 400 nm zurück. Diese Strahlung wird absorbiert und in Wärmestrahlung umgewandelt. Seit mehreren Jahrzehnten rückt diese Ozonschicht in den Blickpunkt öffentlichen Interesses.

Mit Hilfe hochempfindlicher Meßapparaturen und Forschungssatelliten wurde die Ozonkonzentration genau vermessen, und es zeigte sich, daß sie schwankt.

Über dem Polargebiet der Antarktis als auch der Arktis und Teilen Eurasiens wurde ein Ozonloch entdeckt und nun kontinuierlich überwacht. Die Schwankung des Ozongehaltes ist in den mittleren und niedrigen Breiten allerdings

Bereits Anfang August weisen die Blätter im oberen Kronenbereich der Buchen Vergilbungen auf. *Foto: Elke Kellmann*

geringer ausgeprägt als in den hohen polaren Regionen.

Betrachtet man die Ozonentstehung näher, wird ein polares Ozonloch verständlich, entsteht doch Ozon durch Einwirkung energiereicher Strahlen auf Sauerstoff. Im Polarwinter sind die Polarregionen aber ständig ohne Sonneneinstrahlung, so daß sich kein neues Ozon bilden kann und das vorhandene Ozon langsam zerfällt. Die Transportprozesse in dieser Höhe der Atmosphäre reichen nicht aus, um den Ozonabbau durch „Nachschub" aus anderen Breiten auszugleichen. Also müßte der Ozongehalt, insbesondere in den polaren Breiten, im Jahresgang im Normalfall gleichmäßig pulsieren. Trotz dieser jährlichen Schwankungen konnte über der Antarktis ein genereller Ozonabbau nachgewiesen werden. Selbst über den mittleren Breiten, also auch über Deutschland, hat der Ozongehalt bereits um etwa 1 % abgenommen. Eine weitere Ozonabnahme hätte aber für das Leben verheerende Wirkungen! Durch die Weltorganisation für Meteorologie (WMO) wurde schon auf einem Treffen im Jahre 1978 für eine 1 %ige Ozonabnahme in unseren Breiten eine Zunahme der ultravioletten Strahlung um ca. 2 % sowie bei hellhäutigen Menschen dadurch eine Erhöhung der Hautkrebsgefahr um 4 % postuliert.

In einer natürlichen Atmosphäre stehen Ozonbildung und Ozonabbau im Gleichgewicht. Dieses Gleichgewicht wird aber zunehmend durch anthropogene (vom Menschen verursachte) Luftverschmutzungen gestört.

Eine für die Ozonschicht in der Stratosphäre besonders gefährliche Stoffklasse sind Chlorradikale. Sie entstammen den Fluorchlorkohlenwasserstoffen (FCKW), die durchweg anthropogenen Ursprungs sind. Diese wurden in wachsender Menge als Kühlmittel, Treibgas in Spraydosen, Schäumer und für viele andere Zwecke eingesetzt und sind unter normalen atmosphärischen Bedingungen gasförmig. Durch die Thermik und Turbolenz der Lufthülle gelangen sie in die Ozonschicht der Stratosphäre. Dies dauerte 10 bis 20 Jahre, so daß die ozonzerstörende Wirkung erst sehr spät entdeckt werden konnte. In der Ozonschicht gelangen die FCKW's in den Bereich der harten energiereichen Strahlung und werden u.a. auch in Chlorradikale gespalten, die mit dem Ozon reagieren und zum Abbau des für uns lebensnotwendigen Ozons in der Stratosphäre beitragen.

Eine völlig andere Rolle spielt Ozon, wenn es in Bodennähe entsteht:

Ozon ist eines der stärksten Oxidationsmittel und somit ein starkes Atemgift. Als wesentlicher Bestandteil des Sommersmogs kann Ozon vor allem bei empfindlichen Menschen zu Reizungen der Atemwege, der Schleimhäute und der Augen führen und die körperliche Leistungsfähigkeit einschränken.

Ozon greift auch die Pflanzen an. Es zerstört die Schutzschicht der grünen Pflanzenteile, dringt in das Pflanzengewebe ein und bewirkt Veränderungen der Zellstruktur und des Stoffwechsels. Das Chlorophyll wird geschädigt, es kommt zu Störungen der Photosyntheseleistung, zu Gelb- bzw. Bronzefärbungen der dem Licht zugewandten Nadeln und Blätter, zu Wachstumsminderung und Ertragsverlusten. Die Ozonkonzentration in der Luft ist besonders in trokkenen und strahlungsreichen Vegetationsperioden (wie im Sommer 2003) ein wesentlicher Faktor in dem Ursachenkomplex für Waldschäden.

Durch die weltweit zunehmende Verschmutzung der Atmosphäre, vor allem durch Stickoxide und organische Kohlenwasserstoffe aus Vergaserkraftstoffen sowie Ruß und Staub, enthält die bodennahe Atmosphäre vor allem in den Ballungsgebieten und entlang der Verkehrsadern viele sehr reaktive und giftige Verbindungen.

Fällt bei strahlungsreichem Wetter genügend energiereiche Sonnenstrahlung in Bodennähe ein, laufen ozonbildende Reaktionen in Gegenwart von Stickstoffdioxid (NO_2) und flüchtigen organischen Stoffen sowie weiterer Luftverunreinigungen ab. Der Abbau des Ozons erfolgt über Nacht und wird durch Stickstoffmonoxid, organische Stoffe und weitere Luftverunreinigungen gefördert.

In den Ballungsgebieten bildet sich unter den Sommersmogbedingungen tagsüber viel Ozon. In den Abend- und Nachtstunden zerfällt dieses rasch wieder durch Gegenwart von Stickstoffmonoxid und anderer Luftverun-

reinigungen. Somit stellen sich bei Sommersmogwetterlagen hier die höchsten Tagesspitzen der Ozonbelastung in den späten Nachmittagsstunden ein.

In siedlungsfernen Gebieten (Reinluftgebieten) erfolgt die Ozonbildung tagsüber langsamer. Dafür erfolgt aber der Abbau in den Nachtstunden nur in geringem Umfang, da in diesen Gebieten der Stickstoffmonoxidgehalt und der Anteil weiterer Luftverunreinigungen geringer ist. So kann sich hier während entsprechender Wetterperioden die Ozonbelastung „aufschaukeln". In den Mittelgebirgen kommt noch dazu, daß hier die Einwirkung kurzwelliger Strahlung größer als im Ballungsgebiet ist.

So zeigt sich folgende Verteilung der Sommerhalbjahresmittelwerte der Ozonbelastung:

Die Kernbereiche der Städte und Ballungsgebiete sind infolge des Ozonabbaus durch andere Schadstoffe am geringsten belastet. Die leeseitigen Randgebiete der Ballungsräume sind höherbelastet, wobei die größten Belastungen in den Mittelgebirgslagen anzutreffen sind, da dort die Abbaurate des Ozons durch die geringere Menge anderer Schadstoffe langsamer ist.

Seit 1990 sind generell die Emissionen der Industrie und der Großfeuerungsanlagen deutlich gesunken. Demgegenüber ist ein Anstieg der Stickoxidemissionen durch den Verkehr zu verzeichnen. So wird sich der Kraftverkehr durch seine Stickoxidemissionen zum größten Ozonproduzenten entwickeln, da diese Emissionen linear entlang der Verkehrswege, also auch in den Reinluftgebieten und Mittelgebirgen erfolgt. Gegenwärtig treten die höchsten Ozonbelastungen in den Kammlagen und höheren Lagen der Mittelgebirge, gefolgt vom Erzgebirgsvorland, dem Lausitzer Bergland und der Sächsischen Schweiz auf.

Dr. Volker Beer

Ozon führt zu Schädigungen des Chlorophylls und zu Gelb- und Bronzefärbungen der Blätter. *Foto: Elke Kellmann*

Literatur:

AUTORENKOLL.: Stromdiskussion - Weltklima in Gefahr, Dokumentationsmedium Frankfurt/M. Sept. 1989

AUTORENKOLL.: Patient Wald, GSF, München, Sept. 1987

BEER: Komplexe Schadstoffwirkungen auf Waldpflanzen. Einsatz von Biomarkern zur Früherkennung von Streßwirkungen. Review, Tharandt 09/1994.

BEER: Untersuchungen zum Pigmentgehalt an Fichten unterschiedlichen Schädigungsgrades am Standort Oberbärenburg/Osterzgebirge - Vergleich der Vegetationsperioden 1994 bis 1997. Abschluß. Arbeitsbericht, Tharandt 03/1998.

SONNEMANN: Ist unsere Atmosphäre noch im Gleichgewicht?, Uraniaverlag Berlin 1986

Waldzustandsbericht 2003 Freistaat Sachsen

Kritische und aktuelle Nachbetrachtung zum Thema Ozon im Jahr 2004

Besonders die höheren Lagen der sächsischen Mittelgebirge werden in den Sommer- und Herbstmonaten durch Ozon beeinflußt. Die in den Meßstationen des Landesamtes für Umwelt und Geologie im Erzgebirge gemessenen Tagesmittelwerte der Ozonkonzentration lagen nur an insgesamt 5 Tagen im Zeitraum Mai – August 2004 unter dem Grenzwert zum Schutz der Vegetation (nach Bundesimissionsschutzverordnung) von 65µg Ozon/m³ im Tagesmittel.

Seit 1997 liegen die Monatsmittelwerte an den Meßstationen Zinnwald, Schwartenberg und Fichtelberg in den Monaten Mai – August über 80 µg Ozon/m³, im September etwas darunter.

Unsere Bäume sind also in der Vegetationszeit fast permanent pflanzenschädlich wirkenden Ozonkonzentrationen ausgesetzt.

Elke Kellmann