

Ozonbulletin des Deutschen Wetterdienstes



Ausgabe Nr. 83, Erscheinungstermin: 12. Oktober 2001

Abschätzung verschiedener Einflüsse auf das Ozonprofil in mittleren Breiten

Das antarktische "Ozonloch", "Mini-Löcher" über der Arktis und eine fortwährende Abnahme der Ozonschicht in mittleren Breiten setzten vor etwa 10-15 Jahren verstärkte Forschungsaktivitäten in Gang. So wurden international große Anstrengungen unternommen, um die Ozonschicht meßtechnisch besser zu erfassen, ihr Verhalten besser zu verstehen und, besonders wichtig, die Produktion bekannt ozonschädlicher Substanzen weltweit zu beenden. Diese Anstrengungen waren sehr erfolgreich. Es zeigte sich aber auch, daß schleichender "anthropogen-chemischer" Abbau häufig nur schwer vom Hintergrundrauschen starker natürlicher Ozonschwankungen getrennt werden kann. Erst in den letzten Jahren setzte sich die Erkenntnis durch, daß auch langfristige meteorologische Änderungen ("Klimaänderung") wesentlich zur Ozonabnahme beitragen können.

Seit Juli 2001 wird deshalb am Meteorologischen Observatorium Hohenpeißenberg im Rahmen des KODYACS* Projekts versucht, die natürlichen Ozonfluktuationen schärfer zu definieren und die Kopplung zwischen Meteorologie und Ozon besser zu beschreiben. In einem stark vereinfachenden Ansatz wird die gemessene Ozonkonzentration (O_3 , Monatsmittel am Hohenpeißenberg) eines jeden Monats ($m=Januar$ bis $Dezember$) und jeder Höhe ($h=1$ bis 50 km) als Summe verschiedener Einflußterme dargestellt:

$$O_3(m, h) = C + a \cdot \text{Jahr} + b_{10} \cdot QBO_{10hpa} + b_{30} \cdot QBO_{30hpa} + c \cdot \text{SolarFlux} + d \cdot \text{Aerosol} + \sum p_i \cdot P_i$$

Aus vorgegebenen Meßwerten und Prädiktor-Zeitreihen lassen sich mithilfe linearer Regression die Koeffizienten C , a , b_{10} , b_{30} , c , d , p_i ermitteln. $a \cdot \text{Jahr}$ ergibt dann den Einfluß eines linearen Trends, $b_{10} \cdot QBO + b_{30} \cdot QBO$ den Einfluß der QBO u.s.w.. Dies ist die übliche Vorgehensweise zur Berechnung von Ozontrends. Zusätzlich werden Indexzeitreihen P_i verwendet, die die Stärke großräumiger troposphärischer Zirkulationsmuster beschreiben (<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/teledoc/telecontents.html>). So werden mit dem Term $\sum p_i P_i$ meteorologische (dynamische) Einflüsse auf die Ozonschicht berücksichtigt. Diese

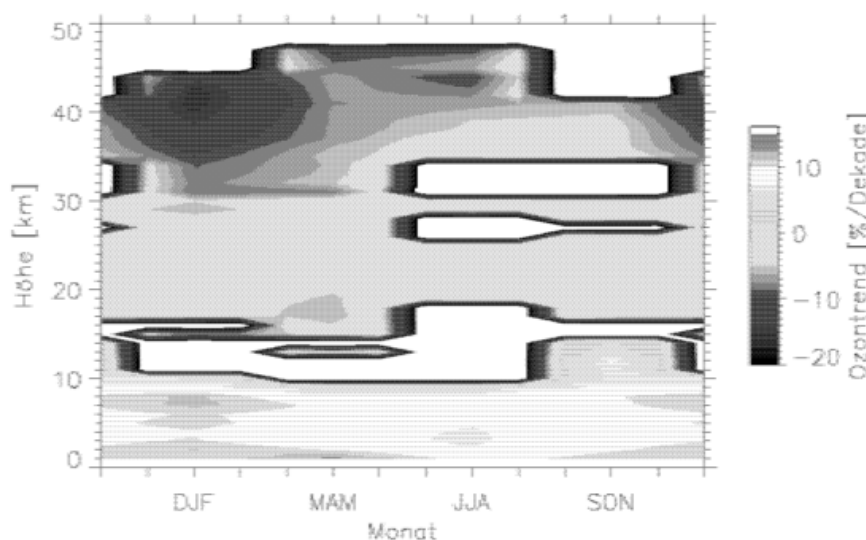


Abb. 1: Linearer Trendterm (a Jahr) als Funktion von Jahreszeit und Höhe. Nichtsignifikante Bereiche sind weiß dargestellt. Regression aus Monatsmitteln von Ozonsonden (1967 bis 2001, 1 bis 30 km) und Lidarmessungen (1987 bis 2001, 31 bis 50 km). Jeweils drei Monate wurden zusammengefasst (Dezember/Januar/Februar = Winter, u.s.w.)

* KODYACS steht für "Kopplung von Dynamik und atmosphärischer Chemie in der Stratosphäre", und ist ein Verbundprojekt des DLR, des Instituts für Meteorologie der Universität Karlsruhe, der Max-Planck-Institute für Meteorologie und Chemie, des Forschungszentrums Jülich und des DWD. KODYACS wird gefördert vom BMBF im Förderschwerpunkt Atmosphärenforschung 2000.

Methode wurde bereits erfolgreich für das Gesamt Ozon angewendet (vgl. Bulletin Nr. 69). Neu im KODY-ACS Projekt ist die Anwendung auf verschiedene Höhen, sowie ein schrittweises Regressions-Verfahren, das nur statistisch signifikante ($p > 90\%$) Prädiktoren in der Regression beläßt.

Abbildung 1 zeigt den linearen Ozontrend, der sich aus dem neuen Verfahren ergibt. Zuerst fällt die starke Ozonabnahme mit mehr als -15% pro Dekade bei 41 km im Winter ins Auge. Diese Abnahme ist konsistent mit Modellrechnungen und auf anthropogenes Chlor zurückzuführen. In abgeschwächter Form findet man sie über das gesamte Jahr und den gesamten Höhenbereich von 30 bis 45 km. Oberhalb von 45 km läßt sich kein statistisch signifikanter Ozontrend nachweisen (weiße Bereiche in der Abbildung). Darunter, zwischen 17 und 30 km, liegt die Ozonabnahme bei etwa -3%/Dekade. Das Maximum im Frühjahr bei etwa 18 km Höhe beruht wohl auf arktischer Ozonzerstörung, die erst nach dem Aufbrechen des Polarwirbels am Hohenpeißenberg sichtbar wird. In der Troposphäre ist das ganze Jahr über ein positiver Ozontrend zu verzeichnen, der im Herbst bis in die untere Stratosphäre (15 km) reicht!

In der untersten Stratosphäre (10 bis 15 km) ist in der Regel kein signifikanter Ozontrend nachweisbar. Hier dominieren meteorologisch bedingte Ozonfluktuationen (Einflußterm $\sum p_i P_i$ in der Regression). Ihr gewaltiges Ausmaß zeigt Abbildung 2. Oberhalb der Tropopause und ganz besonders im Winter sind große Ozonfluktuationen (30 bis 40%) eng mit troposphärischen Zirkulationsmustern verknüpft. Dieser Einfluß verschwindet meist oberhalb von etwa 20 km Höhe (vgl. Bulletin Nr. 53). Im Winter ist er aber sogar noch in 25 bis 45 km spürbar - eine Manifestation bekannter stratosphärisch/troposphärisch gekoppelter Zirkulationsmoden (Arctic Oscillation).

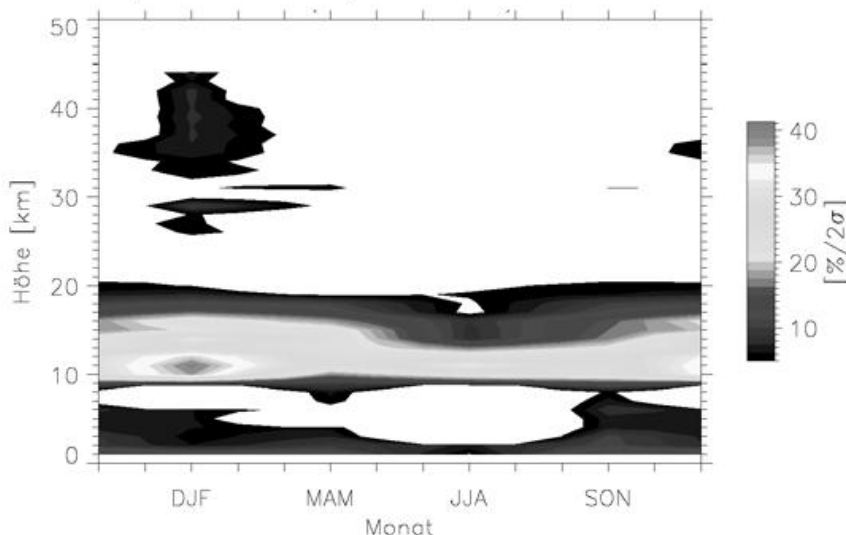


Abb. 2: Zweifache Standardabweichung des Terms $\sum p_i P_i$ als Maß für meteorologisch bedingte Ozonfluktuationen. Bezugswert (100%) ist der klimatologische Ozonwert des jeweiligen Monats und der jeweiligen Höhe.

Das Regressionsverfahren liefert eine gute Abschätzung von Beiträgen zur Ozonvarianz. Es macht aber keine Aussagen über Ursachen, Wirkungen, oder physikalische und chemische Prozesse. Dazu sind detaillierte Modellrechnungen nötig, die von Partnern im KODYACS Verbund durchgeführt werden. Durch Zusammenführung beider Vorgehensweisen wird ein besseres Verständnis der Zusammenhänge zwischen Ozon- und Klimaveränderung erwartet.

W. Steinbrecht, B. Haßler, H. Claude, P. Winkler, Met. Obs. Hohenpeißenberg, DWD

MONATSTATISTIK GESAMT-OZON FÜR JULI/AUGUST 2001

Relative Abweichungen in den zwei Hochsommermonaten: Zwischen -4.8 % (Potsdam, Aug.) und +1.5 % (Uccle, Juli).

Station	Mittel 07/08.2001	langjährige Mittel	Max.	Jahre	Min.	Jahre	Sigma
Hohenpeißenberg	328/308	329/315	350/336	80/69	312/293	92/92	±8,8/9,5
Potsdam	328/308	341/323	365/340	80/87	313/295	95/92	±13,4/10,8
Arosa (CH)	320/304	326/313	345/332	58/41	288/284	30/92	±10,5/9,9
Hradec Kralove (CZ)	325/307	336/320	367/337	80/69	316/295	95/92	±10,5/9,7
Uccle (B)	335/311	330/313	346/330	98/82	318/298	76/92	±7,6/7,4

Die Angaben sind in Dobson Einheiten [DU]; 300 D.U. entsprechen 3 mm Ozonschichtdicke (reduziert).