

Diss. Nr. 5162

BEZIEHUNG ZWISCHEN DER INTENSITAET DES STRATOSPHERISCHEN
POLARNACHTWIRBELS UND DEM OZONGEHALT DER WINTERHEMISPHERE

Abhandlung
zur Erlangung des Titels eines
Doktors der Naturwissenschaften
der

EIDGENOESSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE
ZUERICH



vorgelegt von

W A L T E R Z U E L L I G

Dipl. Phys. ETH

geboren am 23. Dezember 1937

von Küsnacht (Kt. Zürich)

angenommen auf Antrag von
Prof. Dr. H.U. Dütsch, Referent
Prof. Dr. W. Kuhn, Korreferent

Abstract

Relation between the Intensity of the Stratospheric Polar Night
Vortex and the Accumulation of Ozone in the Winter Hemisphere

The intensity of the polar night vortex at the 10 mb level is used to calculate theoretical mean values of total ozone north of the 40th parallel. The free coefficients of a semiempiric formula were computed by the method of Fletcher-Powell, minimizing the mean square-root-differences between the computed and the mean of the observed ozone values. The computed ozone values approximate the mean values of measured total ozone much closer than the climatologic mean of all measured values. Interesting by-products are the computations of radiation-non-equilibrium-temperatures of the lower stratosphere which would develop in the absence of transport of heat, and the computation of the relaxation time of the radiative approach of temperature towards radiative equilibrium. The results lead to the conclusion, that a one cell mean meridional circulation as proposed by Dobson-Brewer is most important for the transport of ozone and heat, but that the system of reference of this meridional circulation is given by the lines of constant value of the Montgomery stream function on an isentropic surface.



Zusammenfassung

Aufbauend auf der Hypothese, dass Ozon und Wärme quantitativ in gleicher Weise transportiert werden, kann bei bekanntem Temperaturverlauf der mittlere Ozongehalt der winterlichen Stratosphäre theoretisch berechnet werden. Als Temperaturmass der unteren und mittleren Stratosphäre dient das Volumen des Polarnachtwirbels, welches durch Ausplanimetrieren von 10 mb Isohypsen gewonnen werden kann. Zur Berechnung der theoretischen Ozonwerte wird eine halbempirische Formel benutzt. Diese ergibt sich aus einer Modellvorstellung, in welcher ein nur durch Strahlung beeinflusstes theoretisches Strahlungsvolumen dem wirklichen Wirbelvolumen gegenübergestellt wird, der Hypothese eines linearen Zusammenhangs zwischen der Differenz dieser Wirbelvolumina und der Differenz von wirklicher Strahlungsabkühlung zur Strahlungsabkühlung entsprechend Strahlungsvolumen, sowie der Annahme eines weiteren linearen Zusammenhangs zwischen einem globalen Wärmetransport und einem globalen Ozontransport von niederen zu hohen Breiten. Die in dieser Formel frei wählbaren 4 Koeffizienten werden durch Minimierung der mittleren quadratischen Abweichung zwischen den berechneten und den gemessenen Kalottenmittelwerten des Totalozons bestimmt. Durch die berechneten theoretischen Ozonwerte wird der aus Messungen gewonnene mittlere Ozongehalt für jeden Winter gut approximiert: Die root-mean-square-Unterschiede zwischen den Kalottenmittelwerten in den einzelnen Wintern und ihren mehrjährigen Mittelwerten beträgt beinahe das doppelte der entsprechenden Differenzen zwischen den Ozonmittelwerten und den theoretisch berechneten Ozonwerten.

Als interessantes Nebenergebnis konnte die Relaxationszeit bestimmt werden, mit der die Temperatur gegen das Strahlungsgleichgewicht strebt, und der Betrag des sich aus der Optimierung ergebenden Strahlungsvolumens erlaubt Aussagen über Strahlungs-Nicht-Gleichgewichtstemperaturen einer Atmosphäre, deren Temperaturen nur durch Strahlungsprozesse und thermische Trägheit bestimmt wird.

Die Ergebnisse stützen die Vorstellung einer einzelligen direkten Meridionalzirkulation nach dem Modell von Dobson-Brewer als wichtigsten Prozess für den Ozontransport von niederen zu hohen Breiten. Das Bezugssystem dieser Meridionalzirkulation ist nicht das ortsfeste System der geographischen Breite, sondern es ist gegeben durch die sich auf den Isentropenflächen befindenden Linien konstanten Wertes der isentropischen Strömungsfunktion.

Im Zusammenhang mit den in der Schweiz durchgeführten Ozonsondierungen wird auch versucht, die Ergebnisse dieser Sondierungen mit der Entwicklung der synoptischen Lage in der mittleren Stratosphäre in Beziehung zu setzen und die auch in der mittleren Stratosphäre noch hohe Standardabweichung des Ozongehalts im Zusammenhang mit den dort auftretenden quasistationären Wärmegebieten zu erklären.

* * *

Die vorliegende Arbeit wurde am Labor für Atmosphärenphysik der ETH in Zürich ausgeführt und finanziell unterstützt durch den schweizerischen Nationalfonds. Meinen Referenten, Herrn Prof. Dr. H.U. Dütsch und Herrn Prof. W. Kuhn danke ich für ihre wertvollen Ratschläge, ihre Arbeit und Unterstützung. Herrn Dr. J. Waldvogel danke ich für die Diskussionen bezüglich existierender Methoden zur Minimierung von Funktionen, und den Herren Dr. H. Mettler und P. Dubach danke ich für die Durchsicht des Manuskripts. Den Mitarbeitern des Instituts für Meteorologie der freien Universität Berlin, Frau K. Labitzke und Frau B. Kriester danke ich für die Zusendung der computerbereiten 10 mb Höhen.