

► Ozonmessungen mit dem Mikrowellenradiometer RAM (Radiometer für atmosphärische Messungen) auf Spitzbergen

I. Wohltmann, B. Barry, U. Klein, J. Langer, K. Lindner, B.-M. Sinnhuber, K. F. Künzi

Institut für Umweltphysik, Universität Bremen, Postfach 33 04 40, D-28334 Bremen Email: iwohltma@alf.zfn.uni-bremen.de

► Allgemeines

Das Radiometer für atmosphärische Messungen (RAM) wurde an der Universität Bremen entwickelt und gebaut. Es empfängt passiv eine Emissionslinie des Ozons bei 142,175 GHz, aus der man das Höhenprofil des Ozon-Mischungsverhältnisses ableiten kann. Seit November 1994 mißt es in Ny-Ålesund auf Spitzbergen kontinuierlich Ozonspektren im Rahmen des Network for the Detection of Stratospheric Change (NDSC). Das NDSC ist ein weltweites Netzwerk zur Sammlung von Daten über die Stratosphäre. Diese Daten werden zum Beispiel zur Untersuchung der lebensnotwendigen Ozonschicht verwendet. Neben Ozon können vom Gerät auch ClO und Wasserdampf untersucht werden.

Der erfaßte Höhenbereich beträgt für Ozon etwa 12 km bis 55 km bei einer Höhenauflösung von ungefähr 10 km. Gemessen werden kann fast unabhängig von den Witterungsbedingungen bei hoher zeitlicher Auflösung. Zudem benötigt das Gerät kaum Wartung.



Abbildung 1. Foto des RAM. Auf der linken Seite befindet sich die Optik für das Ozon-Radiometer, auf der rechten für ClO. Die Strahlung fällt durch das Styroporfenster hinter dem Instrument ein. Auf dem Rack befinden sich die Quasi-Optik, die Eichlasten und der Mischer (Gehäuse rechts). Im Rack ist die Verstärkerkette, das Spektrometer (links unten) und die Kontrollelektronik zu sehen.

► Das Instrument

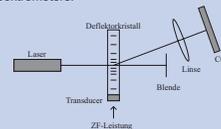
Nach dem das Signal eine Quasi-Optik für Mikrowellen passiert hat, wird es in einem Mischer durch Überlagerung mit einem starken monofrequenten Signal auf eine mit herkömmlichen Mitteln verstärkbare Frequenz heruntertransformiert. Zusammen mit der Optik bestimmt der Mischer den betrachteten Frequenzbereich. Eine Verstärkerkette sorgt dann für die Anpassung des Signals in Leistung, Frequenz und Bandbreite an das Spektrometer.

► Instrumentelle Daten

AOS Mittenfrequenz	2.1 GHz
AOS Bandbreite	955 MHz
Zwischenfrequenz	6.85 - 8.5 GHz
Systemrauschtemperatur	1200 K
Effektive Auflösung	1.3 MHz

Zur Detektion der Spektren wird ein akusto-optisches Spektrometer (AOS) verwendet. Durch einen Transducer werden die Mikrowellen in akustische Schwingungen in einem Kristall umgewandelt. Dadurch ändert sich sein Brechungsindex periodisch, so daß ein durch den Kristall laufender Laserstrahl in Abhängigkeit von der Frequenz der Mikrowellenstrahlung gebeugt wird. Mit einer CCD-Zeile wird das Beugungsbild detektiert.

Abbildung 2. Zur Funktionsweise des akusto-optischen Spektrometers.

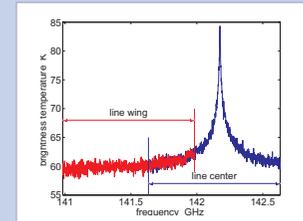


► Spektren und Profile

► Die Spektren

Die Ozonlinie wird mit einer Bandbreite von 1,65 GHz detektiert. Das Spektrum wird aus zwei hintereinander gemessenen Teilspektren zusammengesetzt, weil das Spektrometer nur eine Bandbreite von 955 MHz besitzt. Da keine Absolutmessung der Leistung möglich ist, wird diese durch den Vergleich mit zwei Schwarzkörpern bestimmt (Eichung mit der Totalpower-Methode).

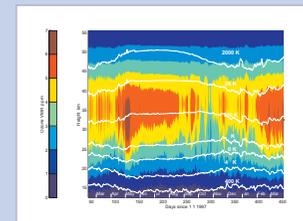
Abbildung 3. Ozonspektrum am 20. März 1997 um 17h (UTC). Die Teilspektren sind durch unterschiedliche Farben dargestellt. Intensität als Temperatur eines äquivalenten Schwarzkörpers.



► Die Profile

Mit dem unten dargestellten Verfahren kann aus den Spektren das Mischungsverhältnis bestimmt werden. Die daraus gewonnenen Zeitreihen können zum Beispiel zur Analyse des chemischen Ozonabbaus dienen.

Abbildung 4. Zeitreihe des Ozon-Mischungsverhältnisses vom Februar 1997 bis zum Februar 1998. Die Farben geben das Mischungsverhältnis des Ozons an. Weiß eingezeichnet sind ausgewählte Isentropen. Man sieht den typischen Anstieg der Mischungsverhältnisse im arktischen Winter und den Abbau im Frühjahr und Sommer.

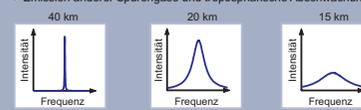


► Gewinnung des Höhenprofils

Aus der Druckverbreiterung der empfangenen Linie kann man die Höhenverteilung des Ozons ableiten. Dies geschieht mit der Methode des besten Schätzers (Optimal Estimation), einem Verfahren zum Lösen schlecht konditionierter linearer Gleichungssysteme, bei welchem man bereits bekannte Informationen (A-Priori-Informationen) benutzt.

► Strahlungstransfer

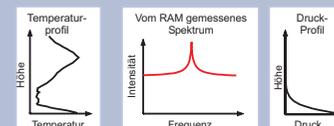
- Druckverbreiterte Emission des Ozons aus jeder Höhe
- Emission anderer Spurengase und troposphärische Abschwächung



Linienformen aus verschiedenen Höhen

► Inversion (Optimal Estimation)

- Fast linearer Zusammenhang: Gemessenes Spektrum - Profil
- Iterative Inversion, benötigt: Temperatur- und Druckprofil, A-Priori



► Höhenprofil

- Höhenbereich 12 - 55 km
- Höhenauflösung 10 km

