

► Untersuchung der arktischen Stratosphäre an der NDSC-Station Ny-Ålesund, Spitzbergen, mit Hilfe der Mikrowellenradiometrie

Förderkennzeichen: 01 LO 9528/8

U. Klein, B. Franke, J. Langer, B.-M. Sinnhuber, I. Wohltmann und K. F. Künzi

Institut für Umweltphysik, Universität Bremen, Postfach 33 04 40, D-28334 Bremen
e-mail: Ulf.Klein@uni-bremen.de

► Ozon

► Messungen 1997/1998

1997 wurden kontinuierlich Ozonprofile mit dem Radiometer für atmosphärenphysikalische Messungen (RAM) aufgenommen. Sie zeigen den saisonalen Verlauf des Ozons über Ny-Ålesund mit einer großen zeitlichen Auflösung. Der aufgelöste Höhenbereich umfasst die gesamte Stratosphäre von 12 bis 55 km. Somit kann sowohl der chemische Ozonverlust in der unteren Winterstratosphäre als auch die Entwicklung des stark photochemisch kontrollierten Ozonhaushalts der oberen Stratosphäre beobachtet werden.

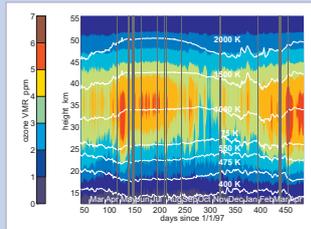


Abbildung 1. Ozonmessungen des RAM
Die Entwicklung des stratosphärischen Ozons in 1997 und Frühjahr 1998 ist farbocodiert dargestellt. Die weißen Linien entsprechen ausgewählten Isentropen (Flächen adiabatischer Luftbewegung). Im Frühjahr 1997 ist auf den 475 und 550 K Isentropen eine deutliche Ozonabnahme erkennbar (siehe unten). In der mittleren Stratosphäre um 30 km treten im Herbst niedrige Ozonwerte auf. Zur Erklärung dieses Ozonminimums ist eine genaue Analyse des Ursprungs der Luftmassen notwendig, weil Ozon in diesem Höhenbereich sowohl durch Advektion als auch durch schnelle Bildungs- und Vernichtungszyklen beeinflusst wird.

► Chemisch bedingter Ozonabbau

Im Winter 1996/97 wurde mit dem RAM ein erheblicher chemischer Ozonabbau beobachtet, der unter Berücksichtigung des vortexgemittelten diabatischen Absinkens auf der 475 K-Isentrope (ca. 19 km Höhe) bei **15 bis 20 ppb pro Tag** liegt. Dies korrespondiert mit einem bis in den Mai stabilen Polarwirbel, in dem die Temperaturen über lange Zeit die Bildung von PSCs erlaubten. Unterstützt werden diese Ergebnisse durch die Messung von stark erhöhtem Chlormonoxid-Gehalt der Stratosphäre über den gleichen Zeitraum.

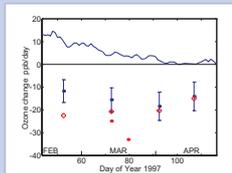


Abbildung 2. Ozonverlustraten für den Winter 1996/97
Die blauen Kreise mit Fehlerbalken stellen den über 20 Tag und den gesamten Polarwirbel gemittelten Ozonverlust bei 475 K potentieller Temperatur dar, wie er vom RAM gemessen wurde. Die durchgezogene hellblaue Linie gibt die aus Berechnungen der atmosphärischen Heizrate ermittelte diabatische Ozonzunahme an. Die Differenz, hier als Karos gezeigt, beziffert dann den chemischen Ozonabbau. Zum Vergleich sind zwei mit dem gemessenen ClO-Werten über Ny-Ålesund und einem Chemiemodell berechnete Abbauraten für Ozon eingezeichnet (rote Kreise).

► Vergleich Frühjahr 1997 und 1998

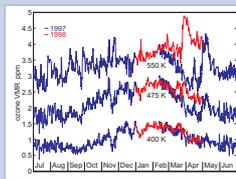


Abbildung 3. Vergleich 1997/1998
Der Verlauf des Ozons auf 3 Isentropen ist für 1997 und 1998 gegenübergestellt. Der drastische Ozonverlust von 1997 wiederholt sich nicht. Dies ist bedingt durch den in 1998 gestörten und früher zusammenbrechenden Polarwirbel mit zudem höheren Temperaturen. Weitere Anlysen und Berechnungen diabatischer Luftbewegungen werden klären, ob und in welchem Umfang auch in 1998 ein chemischer Ozonabbau stattfand.

► Vergleich mit anderen Meßmethoden

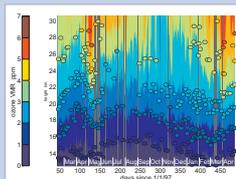


Abbildung 4. Vergleich RAM/Sonde
Messungen des RAM sind farbocodiert eingezeichnet. Ballonsondendaten (über +3 km gemittelt) sind als gefüllte Kreise dargestellt. Kreise gleicher Farbe entsprechen gleichen Ozon-VMR. Sie bilden die Konturlinien der Sondendaten für 1, 2, 3, 4 und 5 ppm. Die Übereinstimmung zwischen RAM und Ozonsonden ist sehr gut.

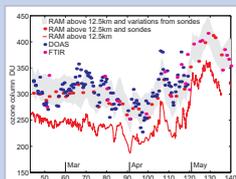


Abbildung 5. Vergleich RAM/FTIR/DOAS
Das RAM erfasst die stratosphärische Ozonsäule oberhalb von 12,5 km RAM-Messungen, zu denen ein Ozonsondenanstieg existiert (< 1 Stunde entfernt) sind mit Sondendaten unterhalb 12,5 km erweitert worden (rote Punkte). Die Sonden lieferten Werte zwischen 37 und 87 DU. Der grau schattierte Bereich beschreibt die aus den RAM-Daten abgeschätzte Gesamtsäule (RAM plus 37 und 87 DU). Punkte repräsentieren Gesamtsäulen aus FTIR und DOAS Messungen in Ny-Ålesund. Die Übereinstimmung ist prinzipiell gut, obwohl die Variation in den FTIR und DOAS Messungen deutlich höher ist. Der negative Trend Anfang März für das stratosphärische Ozon aus RAM-Daten wird durch das troposphärische Ozon maskiert und ist mit den anderen beiden Meßsystemen nicht

► Chlormonoxid

► Messungen 1997

An 20 Tagen wurden ClO Gehalte in der unteren Stratosphäre bestimmt. An mehreren Tagen konnte unter sehr guten troposphärischen Bedingungen der Tagesgang des ClO beobachtet werden. Das Maximum des ClO Mischungsverhältnisses wurde in Höhen zwischen 19 und 23 km detektiert. Das maximale ClO Volumenmischungsverhältnis wurde mit 1,6 ppbv am 20. März 1997 erreicht.

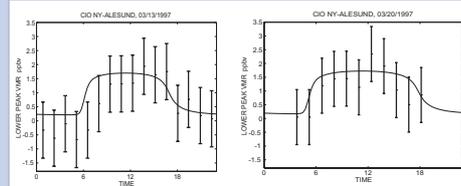


Abbildung 6. Tagesgang von ClO am 13. und 20. März 1997
RAM-Messungen (Vollkreise mit Fehlerbalken) im Vergleich zu einem photochemischen Box Modell (Linie).

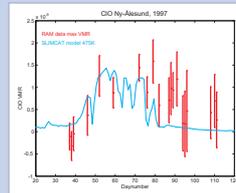


Abbildung 7. ClO Tagesmittelwerte 1997
Tagesmittelwerte des maximalen ClO Mischungsverhältnisses aus RAM Daten (rote Vollkreise mit Fehlerbalken) im Vergleich mit dem SLMCAT Modell (blaue Linie) von Anfang Februar bis Ende April 1997. Die RAM Messungen zeigen erheblich länger aktiviertes Chlor als das Modell. Die Messungen werden durch den ebenfalls lang anhaltenden Ozonabbau und zeitliche DOAS Messungen von erhöhtem stratosphärischem ClO unterstützt.

► ClO Radiometervergleich

Von Januar bis April 1997 wurde im Rahmen des "Network for the Detection of Stratospheric Change" (NDSC) ein Vergleich von 4 ClO-Radiometern durchgeführt. Teilnehmende Institute waren die State University of New York, USA (SUNY), das Communications Research Laboratory, Tokio, Japan (CRL), das Forschungszentrum Karlsruhe (FZK) und die Universität Bremen (IUP).

Schritt 1: Trennung von Messung und Auswertalgorithmen (Kleinster gemeinsamer Nenner)

Es wurden kalibrierte Tag-Nacht Differenzspektren verglichen, die für die Transmission der Troposphäre korrigiert und auf Zenitrichtung umgerechnet waren. An diese Spektren wurde durch Multiplikation mit einem Skalierungsfaktor die Strahlungstransferrechnung einer gegebenen ClO Verteilung angepaßt.

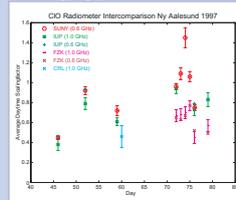


Abbildung 8. Vergleich der Kalibrationsprozesse
Gleiche Skalierungsfaktoren bedeuten übereinstimmende Kalibrationen. Man beachte, daß verschiedene Bandbreiten miteinander verglichen werden. Die Skalierungsfaktoren stimmen für SUNY und IUP gut überein. Die Skalierungsfaktoren für FZK sind ca. 30% geringer. CRL konnte nur einen Wert beibringen.

Schritt 2: Vergleich der Höhenprofile

An 8 Tagen konnten simultane Messungen von mindestens 2 Instrumenten durchgeführt werden. Der gemeinsame Höhenbereich aller Instrumente umfaßt das untere der beiden ClO-Maxima und erstreckt sich von 16 bis 35 km. Die ermittelten maximalen Volumenmischungsverhältnisse stimmen im Rahmen der Fehlergrenzen überein. Die Höhen der Maxima differieren jedoch um bis zu 3 km.

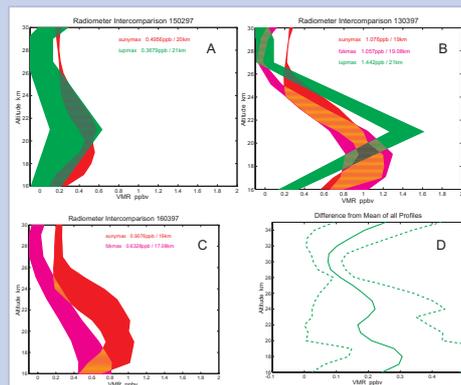


Abbildung 9. A bis C. Beispiele zum Vergleich der Höhenprofile. D. Durchgezogen: Mittlere Abweichung aller verglichenen Profile vom Mittelwert. Gestrichelt: Maximalabweichung und Minimalabweichung.