

Im Blickpunkt

Stratosphärische Ozonschicht über der Arktis

– Neue Beobachtungen

R. Neuber

Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, Columbusstr., D – 2850 Bremerhaven

Einleitung

Seit den Veröffentlichungen von FARMAN et al. (1985) und anderen ist die dramatische Abnahme der Ozonschicht über der **Südpolarregion** bekannt geworden. Eine Darstellung des aktuellen Kenntnisstandes, wie er sich auf dem Ozonsymposium in Göttingen 1988 ergeben hat, wurde in der ersten Ausgabe dieser Zeitschrift von FABIAN (1989) veröffentlicht. Dabei wurde neben dem südpolaren „Ozonloch“ insbesondere auch die globale Abnahme der stratosphärischen Ozonschicht beschrieben. Sie wird in dem unter internationaler Beteiligung erstellten Bericht des „Ozone Trend Panel“ (NASA, 1988) dokumentiert. Demnach findet sich auf der **Nordhalbkugel** kein saisonales „Ozonloch“, wohl aber im Jahresmittel eine Abnahme von 3 % für die Zeit 1969 bis 1986. Die stärkste Reduktion des Gesamtgehalts atmosphärischen Ozons findet sich im Winter in den Polargebieten (–6 %). Gleichzeitig wird dort auch die größte Variation beobachtet. Damit wird die Beobachtung der polaren Ozonschicht doppelt wichtig. Einmal reagiert sie offensichtlich besonders empfindlich auf globale Trends, kann also als Indikator angesehen werden. Andererseits besteht die Gefahr, daß sich doch auch über der Nordpolarregion ein saisonales „Ozonloch“ am Winterende öffnet.

Das Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung (AWI) und die Universität Bremen führen deshalb zur Zeit ein gemeinsames Forschungsprogramm zur Beobachtung der arktischen Ozonschicht durch. Dabei soll der Ozongehalt der arktischen Atmosphäre insbesondere im Höhenbereich 14 bis 28 km, in dem die „Ozonschicht“ liegt, bestimmt werden. Zu diesem Zweck werden verschiedene Meßgeräte, die hier beschrieben werden, von Spitzbergen aus regelmäßig eingesetzt (→ Abb. 1). Erfasst werden sollen dabei neben der jahreszeitlichen Variation des Ozongehalts insbesondere auch kurzzeitige Schwankungen.



Abb. 1: Norwegische Forschungsstation Ny Aalesund, Spitzbergen, mit AWI – Alfred-Wegener-Institut – Meßcontainer, Februar 1989

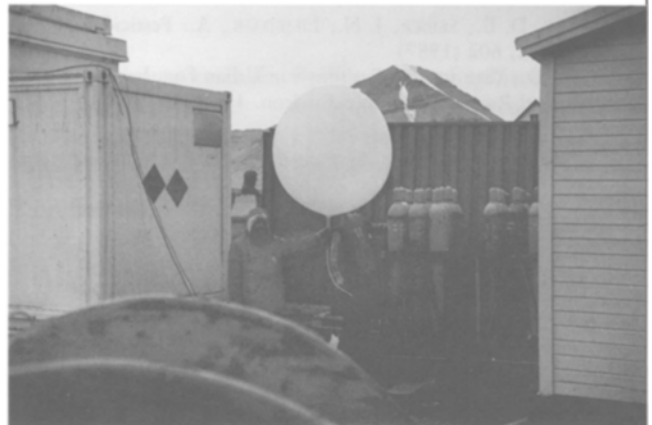


Abb. 2: Füllen eines Meßballons für einen Sondaufstieg

1 Die Meßgeräte

1. Ballonsonden

Das AWI verfügt über eine Ballonsonden-Anlage, mit der Ozonsonden an normalen Wetterballonen bis in Höhen über 30 km geflogen werden können (→ Abb. 2). Sie bestimmen *in situ* die Ozonkonzentration nach einem elektrochemischen Verfahren (ECC-Sonden). Außer den Ozonwerten übermittelt ein Radiosender am Ballon auch den Druck, die Temperatur sowie die Feuchte der umgebenden Luft an eine Bodenstation. Durch Verfolgen der Ballonposition werden ferner Windstärke und -Richtung bestimmt.

2. Ozon-Lidar

Als weiteres Meßinstrument steht dem AWI ein sog. Ozon-Lidar zur Verfügung. Dieses in einem Container untergebrachte Gerät enthält einen leistungsstarken UV-Laser, der Lichtpulse vertikal in die Atmosphäre sendet (→ Abb. 3, 4). Ein sehr geringer Bruchteil des Lichtes wird an den Luftmolekülen rückgestreut und mit einem Teleskop beobachtet. Über eine Laufzeitmessung werden den registrierten Photonen-Raten Höhen zugeordnet. Da die Wellenlänge des Lichts so gewählt ist, daß es teilweise von Ozonmolekülen absorbiert wird, läßt sich aus den empfangenen Intensitäten ein **Ozonprofil** ermitteln. Durch starke optische Filter im Empfangsteil kann störendes Tageslicht soweit unterdrückt werden, daß die rückgestreuten Intensitäten auch tagsüber erkannt werden. Dadurch ist es möglich, das Lidar auch während des polaren Sommers einzusetzen, in dem es jenseits des Polarkreises keine Nacht mehr gibt. Bei klarem Himmel kann das Gerät über viele Stunden hinweg arbeiten und dabei kurzfristige Schwankungen in der Ozonkonzentration gut beobachten.

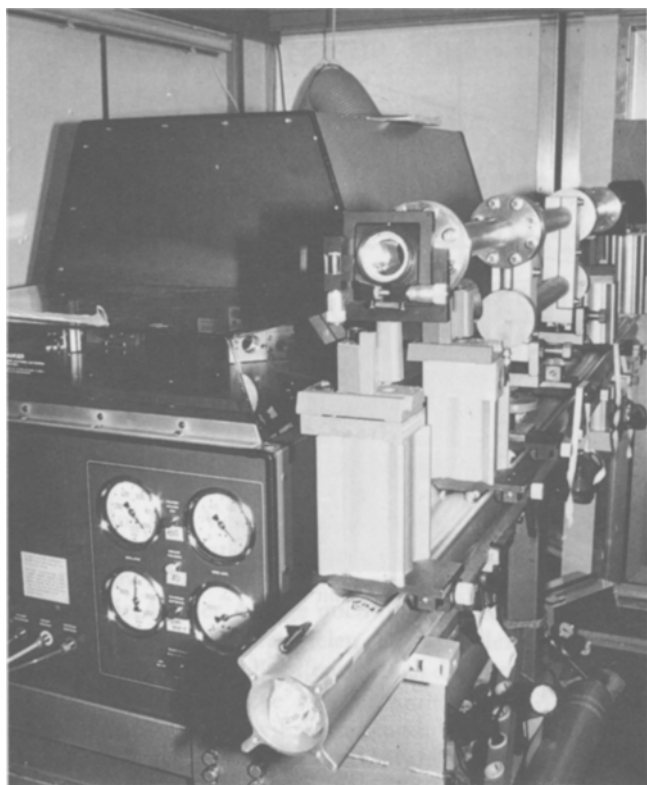


Abb. 3: Anordnung des UV-Lasers im Meßcontainer

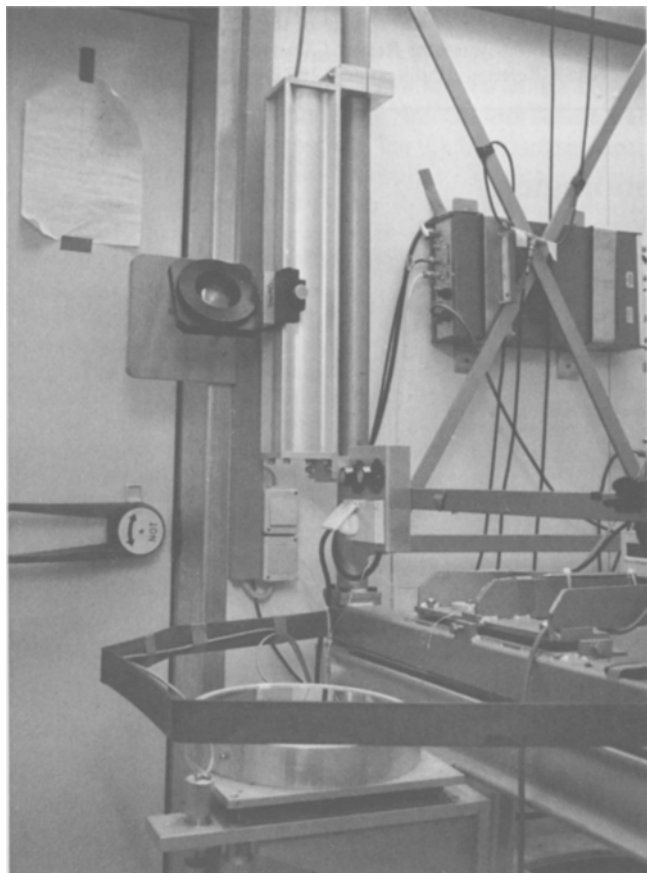


Abb. 4: Sendespiegel für den Laser

3 Mikrowellengerät

Von der Universität Bremen wird ein Gerät verwendet, das ebenfalls die Ozonkonzentration höhenabhängig bestimmen kann. Es nutzt dabei die Tatsache aus, daß alle atmosphärischen Gase unterschiedliche elektromagnetische Strahlung aussenden. Die ausgesendeten Frequenzen sind typisch für jedes Molekül; die spektrale Form einer solchen thermischen Emissions-Linie hängt aber unter anderem von dem Umgebungsdruck ab. Der bodengebundene Ozonsensor besteht aus einem Mikrowellenempfänger, der den kleinen Bereich des Mikrowellenspektrums, in dem die atmosphärischen Ozonmoleküle emittieren, genau ausmißt; d.h., es wird Stärke und Form einer Spektrallinie bestimmt. Aus beiden Informationen läßt sich dann die Konzentration der atmosphärischen Ozonmoleküle zwischen 15 und 80 km bestimmen.

2 Die Messungen

Das Lidargerät befindet sich seit Frühjahr 1987 am AWI. Es wurde erstmalig auf der Arktisfahrt 1987 vom Forschungseisbrecher „Polarstern“ aus eingesetzt. Dabei wurden im Mai und Juni Ozonprofile im Gebiet 60 N bis 80 N gemessen. Im Winter 1987/88 wurde das Lidar im Rahmen einer internationalen Kampagne zur Erforschung der Chemie der polaren Stratosphäre (CHEOPS II) in Nord-Schweden verwendet. Dabei wurde die Entwicklung der Ozonschicht vom Winter in den Frühling beobachtet sowie einige Einbrüche in der Ozonkonzentration dokumentiert. Im Sommer 1988 wurde das Gerät zur norwegischen Arktisstation Ny-Aalesund auf Spitzbergen gebracht. Seitdem werden von dort aus regelmäßige Sondierungen der Ozonschicht durchgeführt. Zur Überbrückung von Schlechtwetterperioden wird dabei auch erstmals die Ballonsondenanlage für Ozonmessungen verwendet (→ Abb. 5). Gleichzeitige Messungen mit beiden Instrumenten ermöglichen dabei auch eine gegenseitige Verifikation. Diese Messungen sollen zunächst bis 1991 fortgesetzt werden, um die aktuelle Entwicklung der arktischen Ozonschicht verfolgen zu können. Im nächsten Winter sollen diese Messungen dann auch durch das Mikrowellengerät ergänzt werden.

3 Die Auswertung

Die gewonnenen Ozonkonzentrationen werden zunächst in der zeitlichen Entwicklung dargestellt. Dabei können zuerst die kurzzeitigen Variationen innerhalb von Tagen, die sowohl über Nord-Schweden, als auch über Spitzbergen beobachtet wurden, analysiert werden. Später sollen die langen Meßreihen die Beschreibung der jahreszeitlichen Änderungen in den einzelnen Höhen ermöglichen. Im Vergleich mit bodengebundenen oder satellitengetragenen Spektrometern, die nur den Gesamtgehalt der Atmosphäre an Ozon bestimmen, ergibt die Höhenauflösung dieser Messungen zusätzliche Informationen. Viele beobachtete Phänomene entstehen durch Luftmassentransporte über die Meßstellen hinweg (Dynamik). Daher werden alle Beobachtungen zusammen mit den meteorologischen Feldern analysiert.

4 Erste Ergebnisse

Die Variation der Ozonschicht über Spitzbergen konnte seit letztem Sommer verfolgt werden. Dabei wurde das jahreszeitlich bedingte Ausdünnen der Ozonschicht über den Herbst in die Wintermonate hinein beobachtet. Die winterliche Stratosphäre zeigte bis Mitte Februar normale Konzentrationen. Im Zuge einer starken stratosphärischen Erwärmung wurden dann gegen Ende Februar Luftmassen mit hohen Ozonkonzentrationen in die polaren Gebiete verfrachtet, so daß dort gegen Ende des Winters ausnehmend hohe Werte gemessen wurden. Durch diesen Transport ozonhaltiger Luft in die Polargebiete wurde ein dramatischer Abbau der Ozonkonzentrationen verhindert, denn die Stratosphäre war für eine chemische Ozonzerstörung vorbereitet,



Abb. 5: Forschungsstation Ny Aalesund, im Vordergrund der Meßcontainer (weiß) mit Empfangsantenne für die Ozonsondenballone

wie eine internationale Flugzeugkampagne unter amerikanischer Leitung im Februar festgestellt hat.

Unsere Messungen werden in Spitzbergen in Kooperation mit dem norwegischen Polarforschungsinstitut durchgeführt und von diesem auch tatkräftig unterstützt. Das Programm wird vom Bundesministerium für Forschung und Technologie gefördert.

Literatur

- FABIAN, P.: Ozonschicht als Folge menschlicher Aktivitäten bereits deutlich angegriffen. UWSF-Z. Umweltchem. Ökotox. (1989) 1: S. 27 ff
- FARMAN, J. C.; GARDINER, B. G.; SHANKLIN, J. D.: Large Losses of Total Ozone in Antarctica Reveal Seasonal ClO_x/NO_x Interaction. Nature, 315, S. 207 ff (1985)
- NASA: Present State of Knowledge of the Upper Atmosphere 1988: An Assessment Report („Ozone Trend Panel Report“). NASA Reference Publication 1208, August (1988)

Kurznachrichten aus Forschung und Technologie

Ozonforschungsprogramm

Gesamtziel des Programms

- Art und Umfang der Veränderung der Ozonkonzentration festzustellen,
- die Ursachen dieser Veränderung aufzuklären und
- verlässliche Voraussagen für zukünftige Entwicklungen zu ermöglichen.

Die Südpolarregion ist durch kontinuierliche Langzeitmessungen sowie durch die im Zusammenhang mit der Entdeckung des Ozonlochs initiierten Meßkampagnen in den Grundzügen der Ozonchemie und -Dynamik bereits gut dokumentiert. Dies gilt nicht für die Nordpolarregion, in der ähnliche Erscheinungen sich bereits andeuten. Die im Rahmen dieses Programms durchzuführenden Untersuchungen sollen sich deshalb auf die Nordpolarregion konzentrieren. Für Messungen in der Arktis spricht ferner, daß hier der stratosphärische Ozonabbau der Nordhemisphäre am stärksten ausgeprägt ist und dieser Region damit eine Früherken-

nungsfunktion für die gemäßigten Breiten, einschließlich unseres eigenen Lebensraumes, zukommt. Die einfache Übertragung der bei der Untersuchung des antarktischen Ozonlochs erzielten Erfahrungen und Erkenntnisse auf die Verhältnisse am Nordpol ist aus Gründen der unterschiedlichen Meteorologie unzulässig.

Forschungsbedarf

Dringender Forschungsbedarf besteht bezüglich folgender Fragestellungen:

- a) Wie wird sich das antarktische Ozonloch weiter entwickeln? Welches sind seine Auswirkungen auf die globale Stratosphäre?
- b) Welches sind die Ursachen der stratosphärischen Ozonabnahme in der Nordhemisphäre? Kann die anomale Chemie der antarktischen Ozonabnahme auch in der Arktis ablaufen?
- c) Welche Bedeutung hat die äquatoriale Stratosphäre? Welche Rolle spielt der Stratosphären-Troposphären-Austausch?
- d) Welche Wechselwirkung besteht zwischen stratosphärischem Ozon und Klima?

e) Welche Rolle spielen nicht-lineare Effekte?

Einbindung in internationale Programme

Die UNEP hat ein Gremium berufen, „Coordination Committee on the Ozone Layer“ (CCOL), welches die Aufgabe hat, regelmäßig den neuesten wissenschaftlichen Kenntnisstand zum Ozonproblem zusammenzutragen und zu bewerten.

Die EG plant, im Rahmen des Klimaprogramms (EPOCH) und des Umweltforschungsprogramms (STEP), Projekte zur Ozonproblematik zu unterstützen.

Ein europäisches Sekretariat soll etabliert und in den Rahmen der COST-Aktion 611 „Physikalisch-chemische Prozesse in der Atmosphäre“ eingebunden werden. Ein Beirat unabhängiger europäischer Wissenschaftler soll dem Sekretariat in allen fachlichen Fragen zur Seite stehen.

Quelle: Ozonforschungsprogramm. Der Bundesminister für Forschung und Technologie, Bonn, Dezember 1988