

# Abschlußbericht

zum BMBF-Projekt

## Messungen des Transfers der solaren UV-B Strahlung durch die Atmosphäre der hohen Arktis



**Berichtszeitraum:** 01.09.1997 - 31.08.2000

**Förderkennzeichen:** 10 LO 9701/3

**Antragsteller:** Prof. Dr. O.Schrems  
Alfred-Wegener-Institut  
für Polar und Meeresforschung  
Postfach 120161  
27515 Bremerhaven  
Tel.: 0471/4831-1480  
Fax: 0471/4831-1425  
Email: [oschrems@awi-bremerhaven.de](mailto:oschrems@awi-bremerhaven.de)

### Beteiligte

**Wissenschaftler:** Dr. Ch. Groß  
Dr. H. Tüg  
Dr. P. Beichert  
Dr. S. Rohs  
Dipl. Ing. Th. Hanken

# Inhalt

<b>1. Einleitung .....</b>	<b>2</b>
<b>2. Die Weiterentwicklung der UV-Spektralradiometer am AWI.....</b>	<b>4</b>
2.1. Stand der Meßtechnik zu Beginn des Förderzeitraumes.....	4
2.2. Teilnahme am UV-Spektralradiometer Vergleich in Garmisch Partenkirchen.....	6
2.3. Weiterentwicklung und Verbesserung der Meßgeräte.....	8
<b>3. Messungen im Rahmen des Projektes.....</b>	<b>11</b>
3.1. Meßort und Meßbetrieb.....	11
3.2. UV-B Tagesdosen.....	14
3.3. Ein Vergleich mit antarktischen UV-B Daten.....	16
3.4. UV-A Tagesdosen 1998 bis 2000.....	17
3.5. Vergleich der UV-B Daten mit dem Gesamt ozon.....	18
3.5.1. Vergleich der Messungen mit TOMS-Daten und Ozonsondierungen.....	18
3.5.2. Änderungen von Ozon und Ozonindex in den Jahren 1997 - 1999.....	20
<b>4. UV-Strahlungstransferrechnungen.....</b>	<b>24</b>
4.1. Simulation von Spektren unter Einbeziehung gemessener Input-Parameter.....	24
4.1. Der Einfluß von Albedo und Wolken auf UV-Tagesdosen.....	26
4.2. Der Einfluß der Boden albedo auf den Ozonindex bei Wolkenbedeckung.....	28
<b>5. Zusammenfassung und Ausblick.....</b>	<b>31</b>
<b>6. Teilnahme an Tagungen und Messen, Veröffentlichungen.....</b>	<b>33</b>
<b>Literatur.....</b>	<b>36</b>
<b>Anhang.....</b>	<b>38</b>
• Reprint des AWI-Beitrags zum Bericht des Spektralradiometervergleichs in Garmisch-Partenkirchen [SEC98].....	38
• Abstracts von Tagungsbeiträgen.....	42
• Preprint der Veröffentlichung 'Three years spectral resolved UV-Measurements at Koldewey Station (1997 - 1999)', Memoirs of National Institute of Polar Research, Spec. Issue, 54, 2001, in press.....	48

## 1. Einleitung

Seit der Entdeckung des sogenannten "Ozonlochs" über der Antarktis werden Auswirkungen der beobachteten Abnahme der stratosphärischen Ozonschicht und ihre möglichen Folgen für das Leben auf der Erde verstärkt erforscht. Die Zerstörung des stratosphärischen Ozons stellt eine Gefahr für die Biosphäre und damit auch für die Menschheit dar, weil dieses Spurengas die Troposphäre und die Biosphäre von der gefährlichen solaren UV-Strahlung abschirmt. Es besteht deshalb eine hohe Dringlichkeit, die solare UV-Strahlung wegen ihrer Wirkung auf Menschen, Tiere, Pflanzen, Mikroorganismen, Luftqualität, Materialien, biogeochemische Zyklen und Wechselwirkungen zwischen Chemie und Klima in der Troposphäre, zu quantifizieren.

Starker Ozonabbau wird seit Jahren auf einer globalen Skala sowohl in mittleren Breiten als auch insbesondere in den hohen Breiten der beiden Hemisphären beobachtet. Neben dem alljährlich wiederkehrenden Ozonloch über der Antarktis [Chu84] [Far85] wurde auch über der Arktis in den letzten Jahren verstärkter Ozonabbau beobachtet [Mül97] [Rex97]. Einen wesentlichen Unterschied zwischen der Situation in der Antarktis und der Arktis bildet die unterschiedliche Temperatur, Form und Stabilität der Polarwirbel. In den Wintern 1997/1998 und 1998/99 bildete sich kein stabiler Polarwirbel über der Arktis aus. Damit blieben die Temperaturen entsprechend höher und ein dem Antarktischen Ozonloch vergleichbarer Ozonabbau, wie er im Frühjahr 1997 in der nördlichen Hemisphäre nachgewiesen wurde, blieb 1998 und 1999 aus. Im Gegensatz dazu war der Polarwirbel über der Arktis im Winter 1999/2000 sehr stabil und es konnte im Frühjahr 2000 ein starker Ozonabbau z.B. mit den vom Alfred-Wegener-Institut durchgeführten Ozonsondierungen [Kön97] am Meßstandort nachgewiesen werden.

Neben dem bekannten Zusammenhang zwischen Ozonsäule und UV-Strahlung gibt es verschiedene weitere Parameter, die den Transfer der UV-Strahlung durch die Atmosphäre beeinflussen. Dazu zählen neben dem Ozon auch andere Spurengase und vor allem Wolken und Aerosol. Darüber hinaus beeinflusst auch das Rückstreuvermögen des Bodens, die sogenannte Bodenbedo, den Strahlungsfluß.

Die nachfolgend beschriebenen UV-Messungen des Alfred-Wegener-Institutes liefern Meßdaten von einem Meßort (Ny-Ålesund, 78,5°N, 12°O), der im arktischen Winter fast immer innerhalb des Polarwirbels liegt. Spektrale UV-B Daten von 280 bis 322nm wurden über den gesamten Förderungszeitraum kontinuierlich gemessen. Ab März 1998 wurde zusätzlich die UV-A Strahlung von 320 bis 400 nm aufgezeichnet. Die Auswertung der Meßdaten im Hinblick auf den quantitativen Zusammenhang zwischen den Veränderungen in der stratosphärischen Ozonschicht und der am Boden einfallenden UV-B Strahlung erfolgte unter Einbeziehung der vom Alfred-Wegener-Institut durchgeführten Ozonsondierungen und der täglich zur Verfügung stehenden Satellitendaten von TOMS. Ein weiterer Schwerpunkt der Dateninterpretation liegt auf dem Einfluß von Bewölkung auf den UV-Strahlungstransfer. Durch einen Vergleich der auf Spitzbergen aufgezeichneten Daten mit Messungen des gleichen Gerätes an der deutschen Neumayer-Station in der Antarktis, wird vor allem der Einfluß der Wolken im Zusammenwirken mit der Bodenbedo mit bzw. ohne Schneebedeckung deutlich.

Am Alfred-Wegener-Institut haben die Herren Dr. Christian Groß, Dr. Peter Beichert, Dr. Susanne Rohs und Dr. Helmut Tüg an der Durchführung des Projektes mitgearbeitet. Die Wartung und Kalibrierung der Spektralradiometer erfolgte in Kooperation mit Dipl. Ing. Thomas Hanken von der Firma iSiTEC in Bremerhaven. Die im Rahmen des Projektes in der Zeit vom 1.9. 1997 - 31.8. 2000 durchgeführten Arbeiten sowie die erreichten Ergebnisse sind nachfolgend beschrieben.

## 2. Die Weiterentwicklung der UV-Spektralradiometer am AWI

### 2.1. Stand der Meßtechnik zu Beginn des Förderzeitraumes

Bei dem im Alfred-Wegener-Institut mit Fördermitteln des BMBF (Förderkennzeichen 03PL000A) entwickelten UV-B Meßgerät handelt es sich um ein Array-Spektralradiometer. Während nahezu alle weltweit eingesetzten UV-B Spektralradiometer auf dem Scannerprinzip mit nachgeschaltetem Photomultiplier beruhen, wird bei diesem Gerät eine Mikrokanalplatte (kein Dioden-Array!) als photonenzählendes Detektorarray eingesetzt. Das Gerät war ursprünglich für den Einsatz in der Wassersäule konzipiert (Forschungsthema: „UV-B Wirkung auf Phytoplankton“). Nach dem erfolgreichen Einsatz auf mehreren Forschungsschiffen wurde es für atmosphärische Messungen umgebaut. Die Geräte dieses Typs wurden in den Polargebieten auf Spitzbergen, an der Neumayer-Station auf dem Ekstöm-Schelfeis und an der Jubany-Station auf der Antarktischen Halbinsel eingesetzt. Hinzu kommen noch Einsätze der druckfesten Unterwasserversionen, die für Profilmessungen im Wasser entwickelt wurden und dort oft über Monate verbleiben, z.B. im Kongsfjord (Spitzbergen) und in der Potter Cove, (Antarktische Halbinsel).

Während bei den üblicherweise eingesetzten Scannern der gewünschte Wellenlängenbereich durch Drehen der Gitter und das Vorbeiführen des Spektrums am Austrittsspalt schrittweise abgetastet wird, kann mit der Mikrokanalplatte der gesamte UV-B Bereich von 280 bis

320 nm in 32 Kanälen simultan im Sekundentakt erfaßt werden. Die bei diesem Meßprinzip durch den erweiterten Mittenspalt naturgemäß auftretenden Streulichtprobleme konnten auf optischem Wege mittels eines gegenläufigen Interferenzfilters gelöst werden. Das Gerät kommt so ohne bewegliche Komponenten aus, die an der steilen Abbruchkante des Spektrums leicht zu Unsicherheiten der Wellenlänge und damit zu erheblichen Fehlern in der Bestrahlstärke führen. Nach den bisher gesammelten Erfahrungen kann das Gerät über Monate im Betriebsmodus verbleiben und dabei zeitlich lückenlose Daten aufzeichnen. Die exakte Zuordnung zu anderen Meßgrößen ist jederzeit möglich. Schnelle atmosphärische Veränderungen, wie sie beispielsweise durch Wolken verursacht werden, können mit Scannern dagegen nur unzureichend wiedergegeben werden.



**Abb. 1** Innenansicht des UV-B Spektralradiometers: Links der Doppelmonochromator (Bentham DM 150), rechts das Hochspannungsnetzteil und die Elektronik. Der Detektor befindet sich nicht sichtbar hinter dem DM 150.