

Ozonbulletin des Deutschen Wetterdienstes



Ausgabe Nr. 96, Erscheinungstermin: 03. Dezember 2003

MIPAS sieht die Aufspaltung des antarktischen Polarwirbels im September 2002

Am 1. März 2002 wurde der europäische Umweltforschungssatellit Envisat mit einer Ariane V Rakete erfolgreich in seine Umlaufbahn gebracht. Der Satellit umrundet die Erde etwa 14 mal täglich in einer Höhe von etwa 800 km. Die Umlaufbahn ist polar und sonnensynchron, das heißt, sie führt den Satelliten über die Nordpolarregion über die Tagseite der Erde nach Süden, wobei der Äquator stets um etwa 10 Uhr Ortszeit überquert wird. Nach dem Passieren der Südpolarregion führt die Umlaufbahn auf der Nachtseite der Erde zurück nach Norden. Der Satellit überquert den Äquator dabei um ca. 22:00. Diese Umlaufbahn erlaubt eine globale Abdeckung der Erde mit Messungen sowohl zur Tag- wie Nachtzeit.

Von den zahlreichen Instrumenten auf Envisat sind drei der Messung atmosphärischer Spurengase gewidmet. Eines davon ist das Michelson Interferometer für Passive Atmosphärische Sondierung (MIPAS). Es handelt sich um ein Fourier-Transformations-Spektrometer, das die von atmosphärischen Spurengasen emittierte Infrarotstrahlung mit hoher spektraler Auflösung (0.035 cm^{-1}) misst. Sein Konzept wurde von der Anforderung geprägt, Höhenprofile möglichst vieler an der stratosphärischen Ozonchemie beteiligter

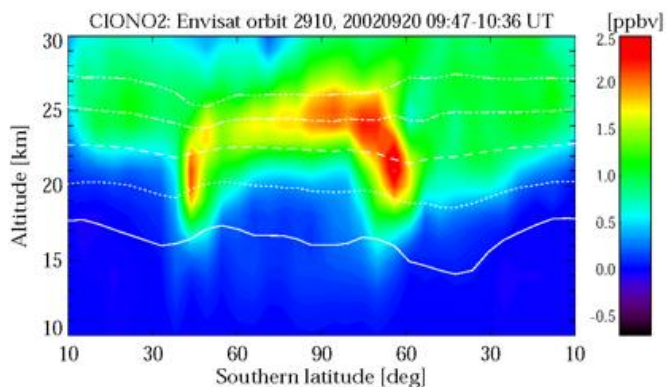


Abb. 1: Von MIPAS gemessene CIONO_2 -Verteilung (Breiten-Höhen-Schnitt) über der Antarktis längs des Orbits 2910 am 20. September 2002, mit der Tagseite links. Weiße Linien bezeichnen Linien gleicher potentieller Temperatur bei 400 K (—), 475 K, 550 K, 625 K und 700 K (-...).

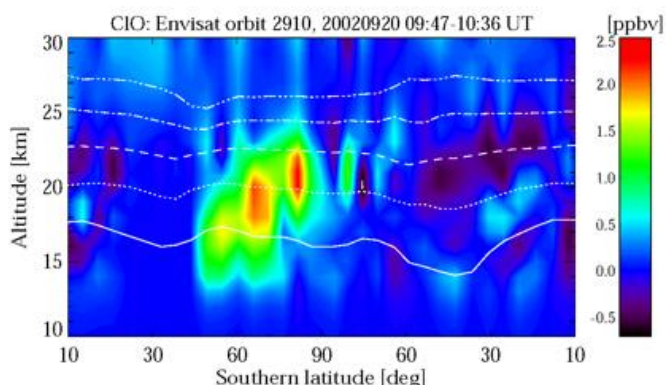


Abb. 2: Von MIPAS gemessene ClO-Verteilung (Breiten-Höhen-Schnitt) über der Antarktis längs des Orbits 2910 am 20. September 2002. Erläuterungen siehe Abb. 1.

Spurengase mit guter vertikaler Auflösung global bei Tag und Nacht zu messen. Da sich wichtige Prozesse der polaren stratosphärischen Ozonzerstörung in der Polarnacht abspielen, ist letztgenannte Anforderung besonders wichtig. Aus diesem Grund ist MIPAS als Emissionsspektrometer konzipiert: Im Gegensatz zu anderen Instrumenten, die die atmosphärische Absorption der solaren Hintergrundstrahlung messen, misst MIPAS die Wärmestrahlung der Moleküle der Erdatmosphäre. Die Messgeometrie ist die Horizontsondierung. MIPAS blickt dabei tangential zur Erdoberfläche durch die Atmosphäre in den Weltraum. Das lange Wegsegment des Sehstrahls innerhalb der Atmosphäre bewirkt eine gute Empfindlichkeit der Messung auch für niedrig konzentrierte Gase, im Gegensatz zu Nadirsondierern. Durch Variation des Blickwinkels wird bei der Horizontsondierung die Atmosphäre von oben nach unten abgetastet und eine Höhenauflösung von etwa 3 km erreicht. Das Prinzip der Fourier-Transformations-Spektroskopie ermöglicht die hohe spektrale Auflösung, die nötig ist, um die Spektrallinien vieler Spurengase voneinander zu trennen, und erlaubt damit die gleichzeitige Messung aller relevanten Gase.

MIPAS erfasst einerseits die Chlorquellgase CFC-11, CFC-12, HCFC-22, CFC-113, CCl_4 und Methylchlorid, durch die das Chlor in die Stratosphäre gelangt, und andererseits

Chlor-Reservoirgase, in denen ozonzerstörendes Chlor vorübergehend in ozonunschädlichen Verbindungen gepuffert wird (ClONO₂, HOCl). In Phasen der Chloraktivierung, wenn Chlor in seiner reaktiven Form vorliegt, kann MIPAS auch ClO nachweisen, das eine wichtige Rolle bei der katalytischen Ozonzerstörung spielt. Weiterhin misst MIPAS alle für die Ozonchemie wichtigen Stickstoffverbindungen (N₂O, HNO₃, N₂O₅, ClONO₂, HNO₄, NO₂, NO), Wasserdampf sowie Eigenschaften von Aerosolen und Wolkenteilchen, insbesondere von polaren Stratosphärenwolken (PSC), auf denen sich heterogene Reaktionen abspielen, bei denen Reservoirgase in reaktive Gase umgewandelt werden. Daneben werden auch Tracer gemessen, die zur Charakterisierung von Transport- und Mischungsprozessen dienen (CH₄, N₂O, CO und andere). Noch bevor die Test- und Validierungsphase abgeschlossen war, kam es im September 2002 zu einer plötzlichen Erwärmung der antarktischen Stratosphäre, wie sie vorher noch nie beobachtet worden war. Dies führte zu einer Aufspaltung des Polarwirbels in zwei Fragmente. Ein solches Verhalten kannte man bis dato nur vom nördlichen Polarwirbel. In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, ob die chemischen Prozesse, die im September/Oktober 2002 in diesem gestörten Südpolarwirbel abgelaufen sind, noch die für den antarktischen Wirbel typischen sind, oder ob sie mehr denen des nordpolaren Wirbels ähneln. Die entsprechenden Messungen des MIPAS-Instruments wurden am Forschungszentrum Karlsruhe ausgewertet und gestatten einen detaillierten Einblick in die Vorgänge in der Stratosphäre des Südwinters 2002. Für den Zeitraum vom 18. September bis 13. Oktober 2002 liegen globale Verteilungen der wichtigsten stratosphärischen Spurengase und des Auftretens von PSCs vor. Abbildung 1 zeigt einen Breiten-Höhen Schnitt der von MIPAS gemessenen ClONO₂ Verteilung über der Antarktis längs des Orbits 2910 am 20. September 2002. Hohe Werte dieses Chlor-Reservoirgases treten besonders am Rand des Polarwirbels auf, während im Polarwirbel Chlor in seiner aktivierten, also ozonzerstörenden Form ClO nachgewiesen werden konnte (Abbildung 2). Wie aus den MIPAS-Messungen hervorgeht, wurde im weiteren Verlauf der Wirbelaufspaltung ClO zunächst in ClONO₂, nach einigen Tagen dann in das Reservoirgas HCl überführt. Dies widerspricht früheren Beobachtungen in der Antarktis, bei denen eine sofortige Überführung in HCl festgestellt wurde.

Die aktuellen wissenschaftlichen Arbeiten auf Basis der MIPAS-Messungen umfassen neben der quantitativen Charakterisierung der Chlorchemie im Südwinter 2002 auch die Untersuchung der Stickstoffchemie, der PSCs, sowie der Transport- und Mischungsprozesse, die sich durch das Aufspalten des Polarwirbels ergeben haben. Wie am Beispiel der Chlorverbindungen gezeigt, widersprechen manche der Spurengasmessungen mit MIPAS im Südpolarwirbel 2002 der gängigen Vorstellung der Chemie eines südpolaren Winters. Entweder nimmt also der Südwinter 2002 auch wegen seiner ungewöhnlichen meteorologischen Entwicklung chemisch eine Zwischenstellung zwischen typischen Nord- und Südwintern ein, oder wir müssen unser Bild vom typischen Südwinter revidieren. MIPAS wird mit der im antarktischen Polarwirbel erstmaligen Beobachtung der Reservoirgasbildung nach der Chloraktivierungsphase wesentliche Beiträge hierzu leisten. Zukünftige Arbeiten werden sich außerdem mit der Bildung von PSCs im arktischen Polarwirbel, der Erfassung ihrer Eigenschaften sowie ihres Einflusses auf die arktische stratosphärische Ozonchemie befassen.

Thomas von Clarmann, Norbert Glatthor, Michael Höpfner, Gizaw Mengistu Tsidu, Mathias Milz, Gabriele Stiller, Ding Yi Wang und Herbert Fischer
 Forschungszentrum Karlsruhe/Universität Karlsruhe, Institut für Meteorologie und Klimaforschung

MONATSTATISTIK GESAMT-OZON FÜR SEPTEMBER/OKTOBER 2003

Nach einem durchschnittlichen September folgte ein Oktober, in dem trotz ungewöhnlich kalter Witterung die Ozonschicht nur unwesentlich (Maximum + 3.5% am Hohenpeißenberg) dicker als normal war.

| Station | Mittel 09/10.2003 | langjährige Mittel | Max. | Jahre | Min. | Jahre | Sigma |
|---------------------|----------------------|-----------------------|---------|-------|---------|-------|------------|
| Hohenpeißenberg | 300/292 | 298/282 | 318/327 | 72/74 | 278/262 | 97/71 | ±10,2/11,9 |
| Lindenberg (Brewer) | 299/291 | 301/290 | 334/329 | 78/74 | 281/267 | 92/95 | ±12,0/13,2 |
| Arosa (CH) | 291/284 | 296/284 | 333/327 | 31/74 | 273/248 | 92/88 | ±10,9/12,5 |
| Hradec Kralove (CZ) | 298/295 | 299/287 | 318/329 | 90/74 | 282/260 | 92/62 | ±9,7/12,4 |
| Uccle (B) | 296/294 | 293/284 | 315/322 | 01/74 | 272/264 | 97/77 | ±9,4/12,3 |

Die Angaben sind in Dobson Einheiten [DU]; 300 D.U. entsprechen 3 mm Ozonschichtdicke (reduziert).