

Das deutsche SCIAMACHY Validationsteam informiert

Lidarbeobachtungen von Temperaturen und Wolken in der polaren Atmosphäre zur Validierung von SCIAMACHY



Abb. 1: Das U. Bonn Lidar auf der Esrange in Nordschweden; Laserstrahl und Halo im Mondlicht.

Die Arbeitsgruppe Atmosphärenphysik der Universität Bonn betreibt ein Rayleigh/Mie/Raman Lidar auf der Esrange (68° N, 21° E) nahe der schwedischen Stadt Kiruna, ca. 100 km nördlich des Polarkreises. Mit diesem Experiment können Temperaturprofile sowie die Aerosolbeladung der Atmosphäre bestimmt werden [Müller *et al.*, 1997]. Abb. 1 zeigt ein Bild des Laserstrahls zusammen mit einem 22° Halo im Hintergrund, erzeugt durch Mondlicht, das an ausgerichteten Eisteilchen in der Atmosphäre gestreut wird.

Das deutsche SCIAMACHY Validationsteam informiert

Das Lidarexperiment ist Teil des deutschen Beitrags zur Validierung von SCIAMACHY. SCIAMACHY ist ein Spektrometer auf dem Umweltsatelliten Envisat der europäischen Weltraumagentur ESA und ist gebaut worden, um Vertikalprofile verschiedener Spurengase, des atmosphärischen Luftdrucks und der Temperatur zu messen sowie den Bewölkungsgrad und die Höhe der Wolkenoberkante zu bestimmen. Envisat wurde am 1. März 2002 erfolgreich gestartet.

Lidarexperimente sind aktive Fernerkundungsinstrumente zur Erforschung der Atmosphäre. Das Akronym Lidar steht für **L**ight **d**etecting and **r**anging. Ein Lidar emittiert kurze Lichtpulse in die Atmosphäre, sammelt das rückgestreute Licht und misst dessen Intensität in Abhängigkeit von der Laufzeit, nachdem es nach Wellenlänge und Polarisationsrichtung analysiert worden ist. Die Laufzeit wird in Entfernung umgerechnet, was für ein senkrecht schauendes Lidar der Streuhöhe entspricht. In Abhängigkeit vom Streumechanismus werden Lidarinstrumente unterschiedlich benannt (z. B. Rayleigh/Mie/Raman-, Resonanz- oder differentielles Absorptionslidar).

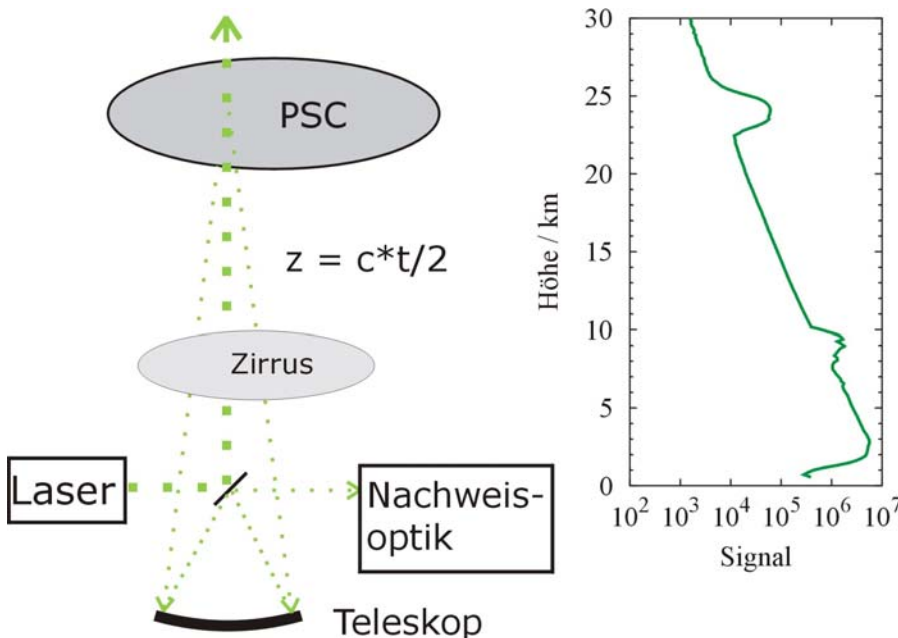


Abb. 2: Prinzipielle Funktionsweise eines Rayleigh/Mie/Raman Lidars (linke Seite) und resultierendes Rohdatenprofil (rechte Seite). Das Molekülsignal nimmt exponentiell mit der Höhe ab. Die Signalüberhöhungen bei 8 km und 24 km Höhe zeugen von Wolken in der Tropo- und Stratosphäre. Die Abnahme des Signals unterhalb von 3 km Höhe wird durch einen unvollständigen Überlapp zwischen Laserstrahl und Teleskopgesichtsfeld verursacht.

Das deutsche SCIAMACHY Validationsteam informiert

Die Rohdaten eines Rayleigh/Mie/Raman Lidars sind Höhenprofile der relativen Moleküldichte und der Aerosolbeladung. Wie in Abb. 2 gezeigt, nimmt das Molekülsignal der Atmosphäre exponentiell mit der Höhe ab. Ein zusätzliches Signal tritt in den Höhen auf, die mit Zirrus- und PSC - Symbolen gekennzeichnet sind.

Im aerosolfreien Teil der Atmosphäre (d. h. oberhalb von ca. 30 km Höhe) ist das rückgestreute Licht proportional zur Teilchenzahldichte der Moleküle. Ausgehend vom hydrostatischen Gleichgewicht, ergibt die Integration des höhenkorrigierten Nettosignals das Temperaturprofil der Atmosphäre. Unter guten Messbedingungen kann dieses bis zu 85 km Höhe reichen.

Seit dem Start von Envisat wurden mehrere Messkampagnen mit dem Bonner Lidar auf der Esrange zur Validierung von SCIAMACHY durchgeführt. Die Kampagnenzeiten wurden dabei in wissenschaftlich interessante Zeiträume gelegt, während denen extrem kalte Temperaturen in der Atmosphäre erreicht werden und so ungewöhnliche Wolken auftreten können: Nachtleuchtende Wolken nahe der polaren Mesopause im Sommer und polare Stratosphärenwolken im Winter.

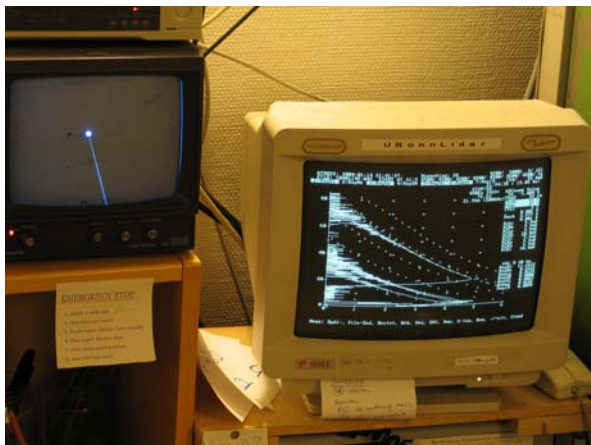


Abb. 3: Bedienungskonsole des U. Bonn Lidars. Eine CCD-Kamera überwacht kontinuierlich den Laserstrahl in der Atmosphäre (linker Monitor). Der helle Punkt rührt von einer dünnen Wolke in niedriger Höhe her. Die Rohdaten der aktuellen Messung sind auf dem rechten Monitor dargestellt.

Während des letzten Winters führten wir zwei Messkampagnen durch. Die erste im Dezember 2003, die zweite im Januar/Februar 2004. Dieser Winter zeichnete sich durch eine frühe und große Stratosphärenerwärmung aus, die zu Stratopausentemperaturen von mehr als 300 K in ca. 50 km Höhe führte. Dies ist mehr als 30 K wärmer als dies in einem ungestörten Winter der Fall ist.

Das deutsche SCIAMACHY Validationsteam informiert

Diese Stratosphärenenerwärmung war mit einer Windumkehr in der mittleren Atmosphäre gekoppelt, was zu einem Zusammenbruch des polaren Vortex führte. Diese modifizierte dynamische Situation verhinderte ein Abkühlen der Atmosphäre, was eine notwendige Voraussetzung für die Bildung polarer Stratosphärenwolken ist.

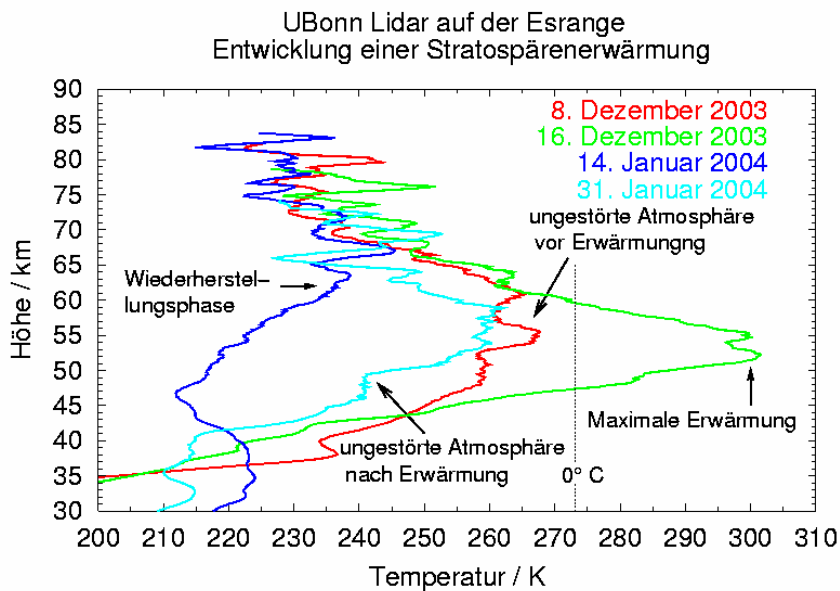


Abb. 4: Unterschiedliche Phasen einer großen Stratosphärenenerwärmung, beobachtet mit dem U. Bonn Lidar auf der Esrange.

Während des langen Kampagnenzeitraums von ca. 50 Tagen konnten wir 20 Messläufe durchführen. Die Entwicklung der Stratosphärenenerwärmung vom ungestörten Zustand Anfang Dezember bis zur Wiederherstellungsphase Ende Januar konnten wir mit unseren Messungen verfolgen (Abb. 4). Anfang Dezember war das Temperaturprofil noch ungestört (rote Linie) und ähnlich einem erwarteten Modelltemperaturprofil. Bereits acht Tage später wurde eine hohe Temperaturzunahme von ca. 30 K beobachtet (grüne Linie). Diese Temperaturzunahme war mit einem leichten Absinken der Stratopausenhöhe verbunden.

Das deutsche SCIAMACHY Validationsteam informiert

Ungefähr einen Monat später war das beobachtete Temperaturprofil nahezu isotherm von 30 bis 85 km Höhe mit einer Variabilität die weniger als 30 K betrug (dunkelblaue Linie). Dies ist die Wiederherstellungsphase der Stratosphärenenerwärmung. Nach weiteren zwei Wochen wurde wieder ein ungestörtes Temperaturprofile (hellblaue Linie) beobachtet. Eine umfassende Beschreibung von Stratosphärenenerwärmungen findet sich in *Labitzke* [1999]. Die Temperaturprofile in Abb. 4 sind deutlich mit atmosphärischen Schwerewellen überlagert. Messungen früherer Winterkampagnen zur Validierung von SCIAMACHY (Januar und Februar 2003) konnten zur Analyse solcher Schwerewellen genutzt werden [*Blum et al., 2004*].

Die Wetterbedingungen während der Kampagne im letzten Winter waren bei Weiten nicht ideal. Dies führte zu lediglich der Hälfte der sonst erreichten Messzeit im Vergleich zu anderen Wintern. Während Schlechtwetterphasen konnten wir keine Messungen durchführen, nutzten diese Zeit jedoch, um die nähere Umgebung der Esrange zu erkunden (Abb. 5).



Abb. 5: Auf der Straße von der Esrange nach Kiruna begegnet man häufig Rentieren.

Literatur:

- Blum, U., K. H. Fricke, G. Baumgarten, and A. Schöch, Simultaneous lidar observations of temperatures and waves in the polar middle atmosphere on both sides of the Scandinavian mountains: A case study on 19/20 January 2003, *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, 4, 969-989, 2004.
- Labitzke, K., *Die Stratosphäre*, Springer, Berlin, 1999.
- Müller, K.-P., G. Baumgarten, J. Siebert, and K. H. Fricke, The new lidar facility at Esrange, Kiruna, *Proceedings of the 13th ESA symposium on European Rocket and Balloon Programmes and Related Research, Öland 1997, Sweden, ESA-SP-397*, 129-134, 1997.

Die Messungen werden von der DLR Erdbeobachtung unter dem Förderkennzeichen FKZ 50 EE 0009 als Teil der SCIAMACHY Validierung gefördert.