

CRISTA`s kleine fleißige Brüder

Einer heißt GRIPS - Er mißt elektromagnetische Strahlung im Infrarot-Bereich

Spannend: Wie arbeitet die Atmosphäre hoch über Wuppertal? / Von Dirk Offermann

Die obere Erdatmosphäre ist ein komplexes Gebilde. Als gegen Ende der siebziger Jahre die Arbeitsgruppe für Atmosphärenforschung im Fachbereich Physik aufgebaut wurde, war es deshalb die Leitidee, sich nicht auf eine spezielle Methode zu konzentrieren. Vielmehr sollte die Atmosphäre auf vielfältige Art und auch in unterschiedlichen Höhen untersucht werden. Es wurden also im Laufe der Zeit verschiedenste Experimente entwickelt und durchgeführt: Mit kleinen und großen Höhenforschungsballons (bis 40 km), mit kleinen und großen Raketen (bis 200 km), und schließlich global mit dem CRISTA-Gerät mit Hilfe des Space Shuttle (bis 300 km). Diese Experimente sind teuer, und deshalb wurde schon ganz am Anfang ein Gerät hinzugefügt, das sehr viel einfacher ist, am Erdboden steht und durch Fernerkundung nach oben Atmosphärendaten mißt. Es wird wie ein Laborgerät betrieben für Langzeitbeobachtungen betrieben: „GRIPS“ (für: GRound based Photometer and Spectrometer).



Professor Dr. Dirk Offermann, neben Professor Dr. Klaus-Ulrich Großmann Leiter der Arbeitsgruppe Weltraumforschung im Fachbereich Physik der Bergischen Universität.

Alle genannten Geräte der Wuppertaler Arbeitsgruppe haben eins gemeinsam: Sie arbeiten mit Infrarotlicht, also mit elektromagnetischer Strahlung, die jenseits des roten Bereichs des sichtbaren Spektrums liegt. Dieser Wellenlängen-Bereich ist sehr ausgedehnt: Er umfaßt mehr als 7 Oktaven im Gegensatz zu der einen Oktave, die das menschliche Auge wahrnehmen kann. Der Infrarotbereich hält deshalb eine Fülle von Informationen bereit, so vor allem über die vielen verschiedenen und wichtigen Gase, die die Atmosphäre enthält (Ozon, Kohlendioxid, etc.).

Das GRIPS-Gerät mißt im ganz kurz-welligen Infrarot-Bereich (1,5 μm), d.h. die Strahlung ist mit dem Auge nicht wahrzunehmen. Sie kann aber normales Fensterglas durchdringen. Deshalb steht das Meßgerät im Labor hinter einem Fenster und „schaut“ dort hindurch steil nach oben über Elberfeld (in nördlicher Richtung). Es ist dabei spezialisiert auf die Strahlung, die von einer bestimmten Atmosphärenschicht zwischen 80 bis 90 km Höhe ausgesandt wird. In dieser Schicht gibt es sehr viele



Hydroxyl-Moleküle (OH). Deren Strahlungsemission ist abhängig von der lokalen Temperatur. Das GRIPS-Gerät erlaubt, mittels Analyse der Infrarot-Strahlung diese Temperatur zu bestimmen: Wir messen also vom Labor aus die Temperatur in 80 bis 90 km über Wuppertal!

Abbildung 1: Das Infra-rotmeßgerät GRIPS mißt die Temperatur über Wuppertal in 87 km Höhe. Volkmar Stellmacher, technischer Mitarbeiter in der Arbeitsgruppe Weltraumforschung, füllt es mit flüssigem Stickstoff.

Die Messungen müssen nachts durchgeführt werden, weil tagsüber die OH-Moleküle nicht in geeigneter Weise vorliegen. Optische Messungen dieser Art werden natürlich durch Wolken behindert. Auch Dunst über dem Tal ist von Nachteil, da er einen kleinen, aber störenden Anteil des Lichts der Straßenbeleuchtung in das Meßgerät hineinstreut. Insgesamt hat sich aber gezeigt, daß das Wuppertaler Wetter besser ist als sein Ruf: In zwei von drei Nächten gibt es genügend lange Wolkenlücken, um brauchbare Temperatur-Messungen zu erhalten. Damit eignet sich die Methode für eine Langzeitmessung.

Man muß das Gerät allerdings Abend für Abend betriebsbereit machen, auch bei schlechtem Wetter, weil man nicht vorhersehen kann, ob es nachts aufklaren wird oder nicht. Das setzt große Disziplin voraus, da die Messungen auch an allen Wochenenden, allen Feiertagen, Weihnachten und Neujahr durchgeführt werden!

Der Meßbetrieb von GRIPS begann bereits im Herbst 1980. Anfangs gab es noch größere Lücken in der Meßreihe. Es zeigte sich, daß mit einem Einzelgerät eine kontinuierliche Messung nicht möglich ist. Ausfallzeiten etwa durch Reparaturen sind unvermeidlich. Es wurde deshalb ein zweites Gerät gebaut und mit beiden abwechselnd oder auch gleichzeitig gemessen. Seit Sommer 1987 läuft der Meßbetrieb in der beschriebenen Weise.

Die GRIPS-Datenreihe ist gegenwärtig weltweit ohne Konkurrenz. Von den ersten Meßtagen an überraschte uns die Atmosphäre in dieser großen Höhe mit sehr starken Temperaturschwankungen. Es kamen - und kommen - Temperaturänderungen von 10 Grad innerhalb weniger Minuten vor, eine Änderung, die man sich für die Luft am Erdboden nicht vorstellen kann. Innerhalb weniger Tage kann sich die Temperatur um 30 Grad ändern - ebenfalls am Erdboden in Wuppertal nicht vorstellbar. Schließlich gibt es einen Temperaturgang mit der Jahreszeit, der regelmäßig einen Sommer/Winter-Unterschied von mehr als 50 Grad zeigt. (Übrigens: In der großen Höhe ist der Sommer die kalte und der Winter die warme Jahreszeit!)

Mittelt man über alle diese Schwankungen, so erhält man die sogenannte mittlere Jah-restemperatur. Ist das Klima stabil, bleibt diese Mitteltemperatur im Lauf der Jahre konstant. Die gegenwärtige „Klimadiskussion“ dreht sich um die Frage, ob dies am Erdboden der Fall ist, oder ob aufgrund des Anstiegs des Kohlendioxids die Temperatur langsam ansteigt. Entsprechende Änderungen könnte man auch in der oberen Atmosphäre erwarten. Es war eine spannende Frage, ob die Jahresmitteltemperatur in 80 bis 90 km Höhe eine Änderung zeigen würde. Das Ergebnis ist verwirrend: In den ersten 10 Jahren der Messreihe gab es große „klimatologische“ Schwankungen (größer als 10 Grad). Dann kam der Ausbruch des Vulkans Pinatubo. Seither sind die Mitteltemperaturen fast konstant. Ob das ursächlich auf den Vulkanausbruch zurückzuführen ist, ist noch unklar.

Etwas mehr Einsicht in das Atmosphärenverhalten wurde gewonnen, als die oben erwähnten Kurzzeitschwankungen (innerhalb Minuten bis Tagen) genauer untersucht wurden. Es stellte sich heraus, daß die Schwankungen auf Wellen in der Atmosphäre zurückzuführen sind (Schwerewellen, Planetare Wellen, Gezeiten, - siehe die vorangehenden BB-Beiträge von P. Preuße und J. Oberheide). Darüber hinaus wurde festgestellt, daß sich die Intensität dieser Wellen im Laufe der Jahre verändert, und zwar irgendwie gekoppelt mit den langzeitigen Temperaturänderungen. Diese Kopplung wurde klarer, als die Wellenintensität in 80 bis 90 km Höhe über Wuppertal verglichen wurde mit den Temperaturvariationen in einem Höhenbereich, der 30 km tiefer liegt. (Diese Temperaturen wurden von US-Satelliten gemessen.)

Der Vergleich ist in Abbildung 2 wiedergegeben und zeigt eine enge Parallelität der Wellenintensität bei 80 bis 90 km und der Temperatur bei 50 km über einen Zeitraum von mehr als 15 Jahren. Es ist unwahrscheinlich, daß dies Ergebnis ein Zufall ist. Es paßt vielmehr sehr gut zu einem neuen theoretischen Paradigma der Atmosphäre, das seit einiger Zeit intensiv diskutiert wird, und das - ganz stark verkürzt - folgendes besagt: Die Wellen in der oberen Schicht erzeugen (durch Wellenbrechen) einen abwärts gerichteten Lufttransport. Dieser erfolgt vergleichsweise schnell (adiabatisch), wodurch die Luft in der unteren Schicht erwärmt wird (vergleichbar dem Föhn-Wind). Starke Wellenintensität geht also einher mit erhöhter Temperatur weiter unten, und umgekehrt.

Dies „Downward Control Principle“ ist insofern von besonderer Bedeutung, als es einen Mechanismus dafür angibt, wie die untere Atmosphäre von darüber liegenden Schichten beeinflußt werden kann (top down). Die umgekehrte Wirkungsrichtung (bottom up), d.h. die Beeinflussung oberer Schichten durch die untere Atmosphäre, ist gut bekannt (z.B. das Aufsteigen warmer Luftmassen). Der Nachweis der Möglichkeit einer abwärts gerichteten Wirkung ist sehr wichtig für die Sonne-Wetter- Diskussion, d.h. für die hochaktuelle Frage, ob, inwieweit und warum Schwankungen der Sonnenstrahlung das Wetter und somit letztlich das Klima beeinflussen können.

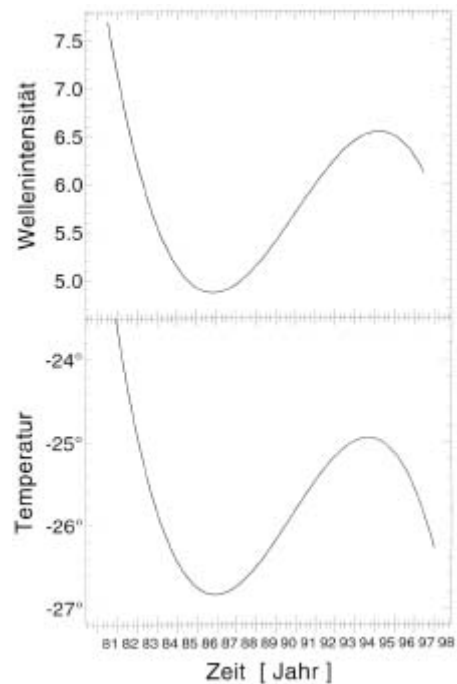


Abbildung 2: Wellenintensität bei 87 km (oben) und Temperatur bei 50 km (unten). Die Parallelität der beiden Kurven zeigt einen Einfluß der oberen Atmosphäre auf die untere an.