

Wissenschaftliche Mitteilungen

aus dem
Institut für Meteorologie der Universität Leipzig



ISBN 3-9808822-1-7

Absorption of Solar Radiation in the Cloudless and Cloudy Atmosphere

Manfred Wendisch

Leipzig 2003

Band 31

BIBLIOGRAPHIC DESCRIPTION

Wendisch, Manfred

Absorption of Solar Radiation in the Cloudless and Cloudy Atmosphere

University of Leipzig, Habilitation Thesis

July 2002

174 Pages, 160 References, 39 Figures, 8 Tables

ABSTRACT

A comprehensive comparison of measured and calculated solar atmospheric radiation (broadband-solar, broadband-ultraviolet, and spectral) is presented. Airborne and ground-based data are used in this study. The objective is to search for indications of the so-called "*anomalous absorption*" of solar radiation in the atmosphere, which is discussed in a controversial way in literature. The problem consists of discrepancies between measurements and calculations of absorption of solar radiation. The computed values are systematically lower than the measured absorption. Up to now it is not clear whether these discrepancies are significant, or whether they are within the measuring and modeling uncertainties. However, the differences have an important impact on the atmospheric energy budget and hence on the global climate. Therefore it is a crucial task to clarify this open scientific problem.

The results of this thesis show that under **cloudless conditions** the measured and calculated broadband radiation quantities agree within the range given by the measurement and modeling uncertainties. Therefore no indications for anomalous absorption were found in cloudless conditions. However, a detailed error propagation analysis demonstrates that the uncertainties in the measured and calculated absorption are considerable. As a consequence it is concluded that, in order to resolve remaining problems in solar radiative transfer in the cloudless sky, first of all the modeling and measurement accuracy has to be increased.

In order to realize this demand a new airborne spectral albedometer is developed. The two remarkable features of the instrument are the active horizontal stabilization of the sensor heads and the high spectral resolution of the detectors. The stabilization increases the data accuracy, the spectral resolution improves the capabilities to search for the reasons of anomalous absorption. Measurements with the albedometer in cloudless conditions are compared with the output of two radiation models. No anomalous absorption was detected in the spectral data.

In **cloudy conditions** significant deviations between measured and calculated broadband radiation quantities and derived cloud absorption are revealed in some cases. The proposed hypothesis to explain the postulated anomalous cloud absorption is related to horizontal cloud microphysical inhomogeneities, which are not considered in the one-dimensional radiative transfer calculations. The cloud inhomogeneities can prolong the geometric photon path lengths compared to homogeneous clouds under certain conditions. Therefore the number of collisions of the photons with cloud droplets, interstitial aerosol particles and gas molecules is increased. As a result the absorption of solar radiation within the horizontally inhomogeneous clouds can be enhanced compared to homogeneous clouds.

BIBLIOGRAPHISCHE BESCHREIBUNG

Wendisch, Manfred

Absorption von solarer Strahlung in der wolkenlosen und bewölkten Atmosphäre

Universität Leipzig, Habilitationsschrift

Juli 2002

174 Seiten, 160 Literaturzitate, 39 Abbildungen, 8 Tabellen

REFERAT

Ein umfangreicher Vergleich von gemessenen und berechneten solaren Strahlungsgrößen (breitbandig-solar, breitbandig-ultraviolett, und spektral) wird präsentiert. Flugzeuggetragene und bodengebundene Daten werden in dieser Arbeit benutzt. Das Ziel ist es, Anzeichen für die sogenannte *"anomale Absorption"* von solarer Strahlung in der Atmosphäre zu finden, welche kontrovers in der Literatur diskutiert wird. Das Problem besteht darin, dass es Diskrepanzen zwischen Messungen und Berechnungen von Absorption von solarer Strahlung gibt. Die berechneten Werte sind systematisch niedriger als die experimentell bestimmte Absorption. Bis jetzt ist es nicht klar, ob diese Diskrepanzen signifikant sind, oder ob sie innerhalb der Mess- und Modellungenauigkeiten liegen. Jedoch haben die Differenzen einen wichtigen Einfluss auf den atmosphärischen Energiehaushalt und damit auf das globale Klima. Deshalb ist es eine entscheidende Aufgabe, dieses offene wissenschaftliche Problem zu klären.

Die Ergebnisse dieser Schrift zeigen, dass unter **wolkenlosen Bedingungen** die gemessenen und berechneten breitbandigen Strahlungsgrößen im Rahmen der Mess- und Modellunsicherheiten übereinstimmen. Somit gibt es keine Anzeichen für anomale Absorption in wolkenlosen Bedingungen. Eine detaillierte Fehlerfortpflanzungsanalyse zeigt jedoch, dass die Unsicherheiten in der gemessenen und berechneten Absorption erheblich sind. Als Konsequenz wird gefolgert, dass zuerst die Modell- und Messgenauigkeit erhöht werden müssen.

Um diese Forderung zu realisieren, wird ein neues flugzeuggetragenes, spektrales Albedometer entwickelt. Die zwei bemerkenswerten Eigenschaften des Instruments sind die aktive Lagestabilisierung der Sensorköpfe und die hohe spektrale Auflösung der Detektoren. Die Lagestabilisierung erhöht die Datengenauigkeit, die spektrale Auflösung verbessert die Möglichkeiten für die Suche nach Ursachen für die anomale Absorption. Messungen mit dem Albedometer bei wolkenlosen Bedingungen werden mit den Ergebnissen von zwei Strahlungsmodellen verglichen. Es wird keine anomale Absorption in den spektralen Daten festgestellt.

Bei **bewölkten Bedingungen** zeigten sich in einigen Fällen signifikante Abweichungen zwischen gemessenen und berechneten breitbandigen Strahlungsgrößen und der abgeleiteten Wolkenabsorption. Die vorgeschlagene Hypothese zur Erklärung der vermuteten anomalen Wolkenabsorption bezieht sich auf horizontale, mikrophysikalische Wolkeninhomogenitäten, welche in den eindimensionalen Strahlungsübertragungsrechnungen nicht berücksichtigt werden. Die Wolkeninhomogenitäten können unter bestimmten Umständen die Weglängen der Photonen verlängern im Vergleich zu entsprechenden homogenen Wolken. Deshalb erhöht sich die Anzahl der Zusammenstöße der Photonen mit den Wolkentropfen, den Zwischenraum-Aerosolpartikeln und den Gasmolekülen. Als Ergebnis kann die Absorption von solarer Strahlung innerhalb der horizontal inhomogenen Wolken erhöht sein, verglichen mit homogenen Wolken.