

# **Der Einfluss des 11-jährigen Sonnenfleckenzyklus und der QBO auf die Atmosphäre**

-

## **eine Modellstudie**

**Dissertation zur Erlangung des Grades  
„Doktor der Naturwissenschaften“**  
am Fachbereich Geowissenschaften  
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von

**Katja Bettina Matthes**

**im Oktober 2003**

**Gutachter:**

Prof. Dr. K. **Labitzke**

Prof. Dr. U. **Cubasch**

Datum der Disputation: 25. November 2003



## Zusammenfassung

Diese Arbeit zeigt den Einfluss von 11-jährig variierenden solaren UV-Strahlungsänderungen auf die Atmosphäre anhand von Studien mit einem dreidimensionalen Modell der Mittleren Atmosphäre (Freie Universität Berlin Climate Middle Atmosphere Model (FUB-CMAM)). Erstmals kann der Mechanismus für die Übertragung des Sonnensignales von der oberen Stratosphäre bis in die Troposphäre, wie er bisher verstanden und aus Beobachtungen abgeleitet wurde, mit einem Modell nachvollzogen werden.

Im FUB-CMAM wurde zuerst die kurzwellige Strahlungsparametrisierung verfeinert, um die stark wellenlängenabhängigen solaren UV-Strahlungsänderungen mit dem 11-jährigen Sonnenfleckenzyklus genauer vorgeben zu können. Die Ergebnisse der Simulationen mit dieser erweiterten Modellversion wurden im Rahmen eines internationalen Modellvergleich-Projektes GRIPS mit den Ergebnissen von vier anderen Klimamodellen verglichen und die Defizite dieser Simulationen untereinander und im Vergleich zu Beobachtungen analysiert. Unter Berücksichtigung dieser Ergebnisse wurden weitere Experimente mit dem FUB-CMAM durchgeführt, in denen systematisch die äquatoriale Windklimatologie verbessert wurde. Die Anpassung der äquatorialen Modellwinde an beobachtete Winde über die gesamte Stratosphäre mit einer quasi zweijährigen Windschwingung (Quasi-Biennial Oscillation) in der unteren und einer halbjährigen Schwingung (Semi-Annual Oscillation) in der oberen Stratosphäre stellte einen entscheidenden Schritt für die erste realistische Repräsentation des beobachteten stratosphärischen Sonnensignales im nordhemisphärischen Winter in einem Modell dar. Die Ergebnisse zeigen, dass das direkte Sonnensignal aus der oberen Stratosphäre über dynamische Wechselwirkungsmechanismen verstärkt und bis in die Troposphäre hinein übertragen wird. Neben einer Erwärmung der mittleren Atmosphäre im Sonnenfleckenmaximum ergeben sich auch Änderungen von Zirkulationsmustern in der Troposphäre. Das Modell ist nicht nur in der Lage das Sonnensignal, sondern auch die beobachtete Wechselwirkung mit den tropischen Windschwingungen in den hohen Breiten zu reproduzieren: Wie in der Realität treten im Modell große Stratosphärenerwärmungen in der Westphase der QBO unter Sonnenfleckenmaximum-Bedingungen auf.

Das Verständnis für den Einfluss der Sonnenvariabilität auf das Klima ist für eine genauere Bestimmung der natürlichen Variabilität der Atmosphäre von außerordentlicher Bedeutung. Damit können der anthropogen bedingte Anteil der globalen Erwärmung besser abgeschätzt und künftige Klimaentwicklungen genauer vorhergesagt werden. Die Arbeit zeigt unter anderem, dass die indirekten Zirkulationsänderungen aufgrund von direkten UV-Strahlungsänderungen in der Stratosphäre nicht zu vernachlässigende Größenordnungen erreichen und daher bei zukünftigen Klimaabschätzungen ergänzend zu den anthropogenen Faktoren berücksichtigt werden sollten.



## Abstract

This thesis demonstrates the influence of 11-year solar UV irradiance changes on the atmosphere with studies of a three dimensional middle atmosphere model (Freie Universität Berlin Climate Middle Atmosphere Model (FUB-CMAM)). For the first time a mechanism for the transfer of the solar signal from the upper stratosphere into the troposphere is confirmed using a general circulation model.

The parameterisation of the shortwave radiation in the FUB-CMAM was first refined to allow a better implementation of the wavelength dependent 11-year solar UV irradiance changes. The results of the simulations with the improved model version were compared to those of four other climate models within the international model intercomparison project GRIPS to determine their deficiencies in comparison with observations and with each other. Taking into account these results, further experiments with a systematically improved equatorial wind climatology were carried out with the FUB-CMAM. The relaxation of the equatorial winds throughout the stratosphere to a quasi-biennial oscillation (QBO) in the lower stratosphere and a semi-annual oscillation (SAO) in the upper stratosphere were necessary to produce the first realistic representation of the observed stratospheric solar signal during northern hemisphere winter in a model. The direct solar signal in the upper stratosphere is enhanced through wave-mean flow interactions and is transferred to the troposphere. A warming of the middle atmosphere during solar maximum as well as changes in circulation patterns in the troposphere are simulated. The model not only reproduces the solar signal but also the observed interaction with the tropical winds at high latitudes: Similar to observations, stratospheric warmings occur during solar maximum and QBO westerlies.

The understanding of the solar influence on climate is very important to determine the underlying natural variability of the atmosphere, to better estimate the anthropogenic contribution to the recent global warming and to improve the accuracy of future climate predictions. This work also demonstrates the importance of indirect circulation changes induced by direct UV irradiance changes in the stratosphere which should therefore be considered for future climate predictions.

