

The statistical distribution law of relative humidity in the global tropopause region

PETER SPICHTINGER¹, KLAUS GIERENS¹ and WILLIAM READ²

¹ DLR, Institut für Physik der Atmosphäre, Oberpfaffenhofen, Germany

² Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, Pasadena, USA

(Manuscript received June 21, 2001; in revised form August 2, 2001; accepted December 17, 2001)

Abstract

Cloud cleared Microwave Limb Sounder (MLS) data of upper tropospheric humidity are evaluated in order to determine the global statistics of relative humidity with respect to ice, RHi . The evaluation is performed for the 215 hPa level, in order to compare the results with earlier results from the *Measurement of ozone by Airbus in-service aircraft* (MOZAIC) project. In agreement with the earlier study we find that in the lowermost stratosphere the probability to get a certain value of relative humidity decreases exponentially with the relative humidity. In the Antarctic data class (data south of 55°S, mainly winter data) we also find an exponential distribution for RHi but with less steep slope. There is no change in the slope of the exponential distribution function at ice saturation. In the upper troposphere there are corresponding exponential distributions for RHi in ice-supersaturated regions and in subsaturated regions (for $20\% < RHi < 100\%$), however with different slopes, viz. a steeper one in ice-supersaturated regions. In the cases of the tropospheric and antarctic data there is no indication of homogeneous ice nucleation at high humidities of $RHi > 150\%$, and the exponential distributions extend without change of slope up to 180–200%. Such extreme humidity events occur mostly in the tropics and at the edge of Antarctica, and could result from incidental lack of aerosol.

Zusammenfassung

Zur Bestimmung der statistischen Verteilung der relativen Feuchte bezüglich Eis (RHi) werden Wasserdampfdaten der oberen Troposphäre des Microwave Limb Sounders (MLS) ausgewertet. Daten, bei denen Wolken Einfluss nicht ausgeschlossen werden kann, werden dabei nicht berücksichtigt. Die Auswertung bezieht sich auf das 215 hPa-Niveau, um einen einfacheren Vergleich mit einer früheren Studie mit Daten des *Measurement of ozone by Airbus in-service aircraft* (MOZAIC) Projektes zu gewährleisten. In Übereinstimmung mit der früheren Studie finden wir, dass in der untersten Stratosphäre die Wahrscheinlichkeit einen bestimmten Wert der relativen Feuchte zu finden mit diesem Wert exponentiell abnimmt. Für die Klasse der antarktischen Daten (südlich 55°S, hauptsächlich Winterdaten) finden wir ebenfalls eine Exponentialverteilung, allerdings mit flacherer Steigung. Dabei ändert sich die Steigung der Exponentialfunktion nicht bei Überschreiten der Eissättigung. Entsprechende Exponentialverteilungen der relativen Feuchte bezüglich Eis finden wir in der oberen Troposphäre in eisübersättigten Regionen und in untersättigten Gebieten (mit $20\% < RHi < 100\%$), wobei hier die Steigung der Exponentialfunktion bei Eissättigung steiler wird. Im Falle der troposphärischen und der antarktischen Daten gibt es keine Anzeichen von homogener Eisbildung bei hohen Feuchten von $RHi > 150\%$, und die exponentiellen Verteilungen erstrecken sich ohne Änderung der Steigung bis zu 180–200%. Solche Fälle extremer Feuchte treten meistens in den Tropen und am Rand der Antarktis auf und könnten aus gelegentlichem Mangel an Aerosol resultieren.

1 Introduction

Relative humidity is a field quantity that usually displays a very intricate structure in space and time. Since it depends on both absolute humidity and temperature, fluctuations of both these fields translate into relative humidity fluctuations. Even instantaneous fluctuations on a scale of $300 \times 300 \text{ km}^2$ (which is a typical grid size for general circulation models) can be quite large; the

statistical distributions of these fluctuations are heavy-tailed (GIERENS et al., 1997). Under these circumstances it is at first surprising that by and large the relative humidity in the lowermost stratosphere and in ice-supersaturated regions in the upper troposphere seems to obey a very simple statistical law (GIERENS et al., 1999): Three years of data obtained by the Measurement of ozone by Airbus in-service aircraft (MOZAIC) project (MARENCO et al., 1998) revealed (1) for the lowermost stratosphere that the probability to find a certain relative humidity value decreases exponentially with this value, and (2) for tropospheric ice-supersaturated re-

* Corresponding author: Peter Spichtinger, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Institut für Physik der Atmosphäre, Oberpfaffenhofen, 82234 Weßling, Germany, e-mail: peter.spichtinger@dlr.de