

Simultaneous in situ and ground-based common-volume measurements for the investigation of the formation mechanism of Polar Mesosphere Winter Echoes

Abstract

Relatively strong radar returns from mesospheric heights ($\sim 55\text{--}85\text{ km}$) in the polar region have been detected by radar since the late 1970s. These observations result from coherent structures of electrons and are called Polar Mesosphere Winter Echoes (PMWE). Since the annual season of PMWE observations is relatively long, and PMWE detections cover a large altitude range, these echoes have an enormous potential for utilization as a tracer for geophysical processes. However, the formation mechanism of this phenomenon is not understood.

The first time ever, all relevant parameters that are potentially involved in the PMWE formation, were measured in a common volume and were subsequently analyzed. The combined results of rocket-borne and ground-based measurements of both flights, conclusively show that coherent structures are created by a turbulent process involving tiny charged MSPs. By analyzing the background winds, it could be shown that the turbulent structures are most likely created by a braking gravity wave. Another result of this thesis is that the intensity of turbulence varies by approximately one order of magnitude within only a few buoyancy periods (i.e. minutes) and thereby essentially influence whether PMWE is formed or not.

Kurzfassung

In polaren Breiten werden seit den späten siebziger Jahren relativ starke Radarsignale aus Höhe der Mesosphäre ($\sim 55\text{--}85\text{ km}$) empfangen. Diese Echos entstehen durch Reflektionen von kohärenten Strukturen und werden Polar Mesosphärische Winter Echos (PMWE) genannt. PMWE werden über einen langen Zeitraum beobachtet und decken einen großen Höhenbereich der Mesosphäre ab. Kontinuierliche Radarbeobachtungen von PMWE haben somit ein großes Potential als Indikator für geophysikalische Prozesse in dieser ansonsten schwierig zu vermessenden Höhe.

Erstmalig wurden alle relevanten Parameter, die für den Entstehungsprozess von PMWE potentiell entscheidend sind, in einem Observationsvolumen mittels raketentragenen in situ Messungen und bodengebundenen Instrumenten untersucht. Obwohl beide Flüge unter sehr unterschiedlichen geophysikalischen Bedingungen durchgeführt wurden, ergeben die Messungen ein einheitliches Bild. Nämlich, dass Turbulenz in Verbindung mit geladenen Meteorstaubteilchen kohärente Strukturen erzeugt hat, die mit dem Radar beobachtet wurden. Die weitergehende Analyse des Hintergrundwindes deutet darauf hin, dass diese Turbulenz von einer brechenden Schwerewelle erzeugt wurde. In dieser Arbeit wurde deutlich, dass die Stärke der Turbulenz mit einer Größenordnung innerhalb weniger Auftriebsperioden (d.h. Minuten) variiert und darüber entscheidet, ob PMWE entstehen oder nicht.