

Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät

Physik

Fachgebiet: *Atmosphärenphysik*

Betreuer: Claudia Stolle

Kateryna Lubyk

(e-mail:) lubyk.kate@gmail.com

Modellierung der Lage und Dynamik der ionosphärischen Mulde in mittleren Breiten mittels Mehrfrequenz-Radiosondierung und in-situ Messungen

Deutsche Zusammenfassung

Die Ionosphäre der Erde ist geprägt von jahres- und tageszeitlichen Schwankungen, welche auf solare Einflüsse zurückzuführen sind. Röntgenstrahlung und extrem ultraviolette Strahlung (EUV) und Lyman-Alpha-Strahlung sind die wichtigsten Faktoren, die die Elektronendichteverteilung in der Ionosphäre beeinflussen. Zudem weist die Ionosphäre diverse großskalige Irregularitäten auf. Eine davon ist die ionosphärische Mulde in den mittleren Breitengraden, die das Kernthema dieser Arbeit ist. Die ionosphärische Mulde in den mittleren Breitengraden (MIT) ist eine Plasmadichteverringerng in der nächtlichen F-Region in subauroralen Breiten. Dieses Phänomen, das durch starke Elektronendichtegradienten gekennzeichnet ist, kann eine Herausforderung für transionosphärische Funksysteme darstellen, einschließlich globaler Navigationssatellitensysteme (GNSS), da es Signalverzögerungen und Signalstörungen verursachen kann. Das Ziel dieser Forschung ist, unser Verständnis des MIT zu verbessern, indem Langzeitdaten zur Elektronendichte von den Satelliten GRACE (2002–2015) und Swarm (2013–2019) sowie bodengestützte Daten zum Gesamtelektronengehalt (TEC) aus den Global Ionosphere Maps (GIM) des IGS (1998–2023) analysiert werden. Untersucht wurden Eigenschaften des MIT wie Position, Breite, Tiefe und Auftretenswahrscheinlichkeit in beiden Hemisphären unter Berücksichtigung von Faktoren wie magnetischer Ortszeit, Jahreszeiten, Sonnenaktivität und geomagnetischen Bedingungen. Ein statistisches MIT-Modell wurde entwickelt, mit dem PRISM-Produkt der ESA validiert und seine Übereinstimmung mit den dynamischen Veränderungen während etwa 356 geomagnetischer Stürme (2002–2019) nachgewiesen. Das Modell wurde auch während eines extremen geomagnetischen Ereignisses – dem Muttertagssturm im Mai 2024 – evaluiert und zeigte seine Fähigkeit, geglättete Veränderungen des Muldenverhaltens wiederzugeben.

Modelling of mid-latitude ionospheric trough location and dynamics using multi-frequency radio sounding and in-situ observations

Englisch Zusammenfassung

The Earth's ionosphere is characterized by seasonal and diurnal variations due to Solar influences. Extreme ultraviolet (EUV) radiation, X-rays, Lyman-alpha are the main factors affecting the electron density distribution of the ionosphere. In addition, the ionosphere is not homogeneous and has several large-scale features. One of these is the mid-latitude ionospheric trough, which is the main focus of this research. The mid-latitude ionospheric trough (MIT) is the phenomenon of electron density depletion in the nocturnal F region located at subauroral latitudes. This phenomenon, characterized by sharp electron density gradients, and so may pose challenges to trans-ionospheric radio systems, including Global Navigation Satellite Systems (GNSS), by possibility of causing signal delays and scintillation. This research aims to enhance our understanding of the MIT by analyzing long-term in-situ electron density data from the GRACE (2002–2015) and Swarm (2013–2019) satellites, alongside ground-based total electron content (TEC) data from IGS Global Ionosphere Maps (1998–2023). The study examines MIT characteristics such as position, width, depth, and occurrence probability across both hemispheres, considering factors like magnetic local time, seasons, solar activity, and geomagnetic conditions. A statistical MIT model was developed, validated against ESA's PRISM product, and demonstrated compatibility with storm-time dynamics during 356 geomagnetic storms (2002–2019). The model was evaluated during extreme geomagnetic event, namely the Mother's Day storm in May 2024, showing its capacity to reproduce smoothed trough behavior.