



HelmholtzZentrum münchen
German Research Center for Environmental Health



TUM
Technische Universität München



UNA
Universität
Augsburg
University

Freistaat Bayern 

Wissenschaftliche Resultate 2019/ 2020



Umwelt
Forschungsstation
Schneefernerhaus

Nummer 06
Oktober 2021

Herausgeber: Umweltforschungsstation Schneefernerhaus GmbH
Zugspitzstr. 5; 82475 Zugspitze
Internet: www.schneefernerhaus.de
Druck: StMUV
Stand: Oktober 2021

Diese Druckschrift wird kostenlos im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Bayerischen Staatsregierung herausgegeben. Sie darf weder von den Parteien noch von Wahlwerbenden oder Wahlhelfern im Zeitraum von fünf Monaten vor einer Wahl zum Zweck der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags-, Kommunal- und Europawahlen. Missbräuchlich ist während dieser Zeit insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken und Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zweck der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Druckschrift nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Staatsregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Den Parteien ist es gestattet, die Druckschrift zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden. Bei publizistischer Verwertung – auch von Teilen – wird die Angabe der Quelle und Übersendung eines Belegexemplars erbeten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte sind vorbehalten. Die Broschüre wird kostenlos abgegeben, jede entgeltliche Weitergabe ist untersagt. Diese Publikation wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Für die Inhalte fremder Internetangebote sind wir nicht verantwortlich.

ENTWICKLUNG DER MESOPAUSENTEMPERATUR ÜBER DER UFS 2009-2020

CARSTEN SCHMIDT¹, LISA KÜCHELBACHER¹, SABINE WÜST¹, MICHAEL BITTNER^{1,2}

¹DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT- UND RAUMFAHRT, MÜNCHENER STR. 20, 82234 OBERPFAFFENHOFEN

²UNIVERSITÄT AUGSBURG, INSTITUT FÜR PHYSIK, UNIVERSITÄTSTRASSE 1, 86159 AUGSBURG

E-MAIL: CARSTEN.SCHMIDT@DLR.DE

Zusammenfassung: Seit 2009 erfasst das Deutsche Fernerkundungsdatenzentrum (DFD) des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) von der Umweltforschungsstation „Schneefernerhaus“ (UFS) unterbrechungsfrei aus das sog. Hydroxyl (OH)-Nachtleuchten (engl.: *airglow*) aus der Mesopausenregion in ca. 86-87 km Höhe. Nach gut einem Jahrzehnt lassen sich erste Aussagen über die langfristige Entwicklung der Temperaturen ziehen. Augenscheinlich beeinflussen die schwankende solare Einstrahlung und die quasi-zweijährige Oszillation (QBO) die Temperaturen stärker als bislang bekannt.

Abstract: Since 2009 the German Remote Sensing Data Center (DFD) of the German Aerospace Center (DLR) has been observing the OH airglow region from the environmental research station "Schneefernerhaus" (UFS) without any interruption. This faint luminosity originates in the Mesosphere-Lower Thermosphere (MLT) region at approximately 86-87 km height. First conclusions concerning the long-term development of the MLT-temperatures can be drawn after one decade. Apparently, the varying solar flux and the quasi biannual oscillation (QBO) influence the MLT-temperatures to a larger extent than previously known.

Das Leuchten in der Mesopausenregion hat seinen Ursprung in einer exothermen chemischen Reaktion, bei der Ozon (O₃) mit atoma-

rem Wasserstoff (H) reagiert und molekularen Sauerstoff (O₂) sowie Hydroxyl-Moleküle (OH) produziert. Die freigesetzte Energie wird dabei überwiegend auf das Hydroxyl-Molekül übertragen, das diese nach kurzer Zeit in Form sichtbarer und infraroter Strahlung wieder abgibt.

Zur Vermessung dieser Strahlung werden die vom DLR entwickelten GRIPS (GROund-based Infrared P-branch Spectrometer) Instrumente eingesetzt. Aus den so gewonnenen Airglow-

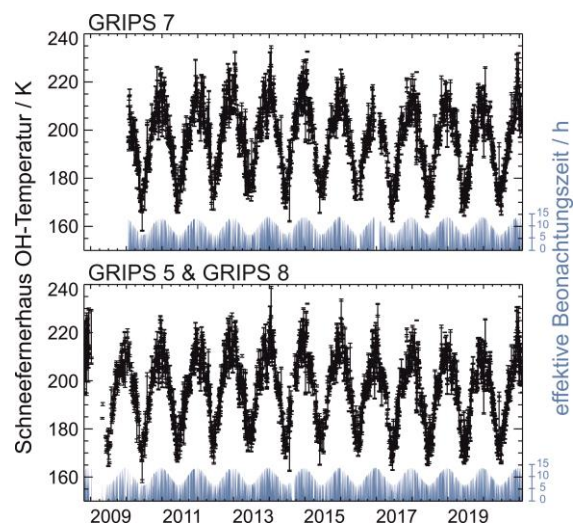


Abb.1: Individuelle Temperaturzeitreihen (schwarz) inklusive der ersten Messungen mit dem Prototyp GRIPS 5 in 2008 (Anfang September 2010 durch GRIPS 8 ersetzt). Das Messkonzept mit zwei Instrumenten verhindert das Auftreten technisch bedingter Ausfälle.

Spektren kann auf die Umgebungstemperatur in 86-87 km Höhe geschlossen werden (vgl. Schmidt et al. (2013) und Wüst et al. (2017)). Dieser Höhenbereich ist von entscheidender Bedeutung beim Verständnis des globalen

Klimawandels. Die prognostizierte Erhöhung des CO₂-Gehalts der Atmosphäre führt hier nach aktuellem Verständnis zu einer bis zu zehnmal schnelleren Änderung der Temperatur als am Erdboden. Allerdings reagieren die Temperaturen in dieser Höhe auch stärker auf andere Einflüsse wie die Schwankung der solaren Einstrahlung oder die in den Tropen generierte sog. quasi-zweijährige Oszillation (engl.: *quasi-biennial oscillation*, QBO). Deren Einflüsse müssen möglichst präzise erfasst werden, um einen potentiellen Temperaturtrend bestimmen zu können.

Anfang der 2000er Jahre erkannte man, dass viele Temperaturzeitreihen kaum die nötige Datenqualität aufwiesen, um entsprechende Analysen durchführen zu können. Dies führte nicht nur zur Gründung des NDMC (network for the detection of mesospheric change) sondern auch zum Beginn der OH-Messungen am Schneefernerhaus mit den neu entwickelten GRIPS-Instrumenten. Das Ziel, die UFS als Referenzstation des NDMC zu etablieren, wurde dabei von Anfang an konsequent verfolgt, indem die Messungen zur Erhöhung der Datenqualität mit zwei Instrumenten im Parallelbetrieb durchgeführt werden (s. Abb. 1).

Mittlerweile liegen über zehn Jahre an erfolgreichen Messungen vor und diverse natürliche Einflüsse auf die OH-Temperaturen können erstmals präzise abgeschätzt werden. Abbildung 2 zeigt die um den Jahresgang bereinigten OH-Temperaturen von Anfang 2010 bis Mitte 2020 (schwarz). Offenbar reagieren die OH-Temperaturen nach kurzer zeitlicher Verzögerung mit $5,9 \pm 0,6 \text{ K}/100\text{sfu}$ (sfu: *solar flux unit*) auf die Änderung der solaren Einstrahlung (rot). Ein QBO-Signal lässt sich in den Jahresmittelwerten (blaue Dreiecke) mit ca. $\pm 1 \text{ K}$ und einer Periodizität von ca. 24 Monaten (im Gegensatz zu den 28 Monaten der QBO) nur während der Zeiten erhöhter solare Aktivität erkennen. Dieses unerwartete Erkenntnis ist Gegenstand aktueller, weiterer Untersuchungen.

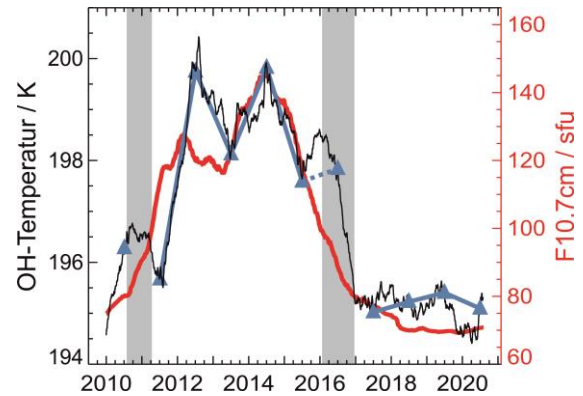


Abb.2: Gleitende Mittel (über 365 Tage) der OH-Temperatur (schwarz) und der solaren Einstrahlung (rot). Die Jahresmittel (blaue Dreiecke) zeigen ein QBO-Signal nur während eines erhöhten F_{10.7cm} Wertes (2011-2015). Die grau schraffierten Bereiche markieren den Übergang von hoher zu niedriger Sonnenaktivität (80-100 sfu).

Literatur

Schmidt, C., Höppner, K., und Bittner, M.: A ground-based spectrometer equipped with an InGaAs array for routine observations of OH(3-1) rotational temperatures in the mesopause region. *J. Atmos. Sol. Terr. Phys.* 102, 125-139, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jastp.2013.05.001>.2013.

Wüst, S., Bittner, M., Yee, J.-H., Mlynczak, M.G., Russel, und J.M. III.: Variability of the Brunt-Väisälä frequency at the OH* layer height. *Atmos. Meas. Tech.* 10, 4895-4903, <https://doi.org/10.5194/amt-10-4895-2017>.2017.

Danksagung

Die Messungen wurden in den vergangenen Jahren u.a. im Rahmen von Drittmittelprojekten durch das bayerische Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz finanziert (Projekte GUDRUN (71b-U8729-2003/125-13), GRIPS₃ Back-Up (2009/40051), BHEA (TLK01U-49580), LUDWIG (TUS01UFS-67093), VoCaS (TKP01KPB-70581) and AlpEnDAC (TUS01UFS-72184)).