

WISSENSCHAFTLICHE MITTEILUNGEN

**aus dem Institut für Meteorologie der
Universität Leipzig**

BAND 62



M. Wendisch (Hrsg.)
Meteorologische Arbeiten XXIX
Jahresbericht 2023



**UNIVERSITÄT
LEIPZIG**

Wissenschaftliche Mitteilungen

**aus dem
Institut für Meteorologie der Universität Leipzig**



ISBN 978-3-9823985-2-5

**Meteorologische Arbeiten (XXIX) und
Jahresbericht 2023 des Instituts für
Meteorologie der Universität Leipzig**

Hrsg.: Manfred Wendisch

Leipzig 2024

Band 62

Jacobi, Ch.,: Climatology and trends of mesosphere/lower thermosphere gravity waves derived from combined LF spaced receiver and VHF Doppler wind observations at Collm	1
Urban, J.: Precipitation throughfall studies with disdrometers at the MyDiv Experiment in 2022	13
Zusammenfassungen Master- und Bachelorarbeiten	26
Al Hajjar, K.: Dynamics of Arctic Oscillation in aerosol forcing scenario: Implication to lapse rate feedback	26
Bader, N.: Can convective initiation provide indicators for convective severity? .	27
Haftmann, L.: Erprobung einer neuen Methode zur Bestimmung mineralischer Eiskeime	29
Lange, C.: Derivation of particle size and liquid water fraction of Arctic snow surfaces from airborne measurements	30
Themel, P.: Welchen Einfluss haben Aerosole von Vulkanausbrüchen und Waldbränden auf das Auftreten von Zirruswolken?	31
Urban, J.: Characterization of throughfall below different tree species/Charakterisierung des Kronendurchlass und durchfallenden Niederschlags unter verschiedenen Baumarten	32
Jahresbericht des Instituts für Meteorologie 2023	37
Projekte	37
Publikationen	94
Mitgliedschaften in Gremien, Redaktionskollegien	111
Mitarbeitende	114
Anzahl Studierende	116
Abschlussarbeiten	117
Ausgaben	120

Climatology and trends of mesosphere/lower thermosphere gravity waves derived from combined LF spaced receiver and VHF Doppler wind observations at Collm

Jacobi, C.[✉], Karami, K.

Leipzig Institute for Meteorology, Leipzig University, Germany

[✉]e-mail: jacobi@uni-leipzig.de

Summary: Time series of mesosphere/lower thermosphere half-hourly winds over Collm (51.3°N, 13.0°E) have been obtained from 1984 – 2008 by low frequency spaced receiver measurements and from 2004 to date by very high frequency meteor radar Doppler wind observations in the height range 82 – 97 km. From half-hourly differences of zonal and meridional winds, gravity wave (GW) proxies have been calculated that describe amplitude variations in the period range of 1 – 3 hours. After applying corrections to account for instrumental differences, GW climatology and time series have been obtained. The mean GW activity in the upper mesosphere shows maximum amplitudes in summer, while in the lower thermosphere GWs maximize in winter. Positive/negative long-term trends are visible in winter/summer. Interannual and quasi-decadal variations of GW amplitudes are also visible, but these are intermittent.

Zusammenfassung: Zeitreihen von halbstündlichen Winden der Mesosphäre/unteren Thermosphäre über Collm (51,3°N, 13,0°E) wurden von 1984 bis 2008 durch LF-Driftmessungen und von 2004 bis heute durch VHF-Meteorradarmessungen im Höhenbereich von 82 – 97 km gewonnen. Aus halbstündlichen Differenzen von zonalen und meridionalen Winden wurden Proxies für Schwerewellen (GW) berechnet, welche Amplitudenvariationen im Periodenbereich von 1 – 3 Stunden beschreiben. Nach Korrekturen zur Berücksichtigung instrumenteller Unterschiede wurden GW-Klimatologie und Zeitreihen erstellt. Die mittlere GW-Aktivität in der oberen Mesosphäre zeigt Maxima im Sommer, während in der unteren Thermosphäre GW-Maxima im Winter auftreten. Positive/negative Langzeitrends sind im Winter/Sommer sichtbar. Interannuale und quasi-dekadische Variationen der GW-Amplituden sind ebenfalls sichtbar, aber nicht durchgehend erkennbar.

1 Introduction

Gravity waves (GW) couple the lower atmosphere and the mesosphere/lower thermosphere (MLT) region at 80 – 100 km and also the thermosphere/ionosphere. They are filtered by the middle atmosphere wind jets, so that their distribution and variability at MLT heights reflect the dynamical conditions below. On the other hand, GW deposit momentum to the mean flow of the upper atmosphere, and therefore they are important for maintaining the circulation of the MLT and thermosphere. Thus, observations of GW and their variability and trends are necessary to obtain a comprehensive picture of MLT

and thermospheric wind and temperature drivers, and to interpret long-term variations of the upper atmosphere dynamics in connection with lower atmosphere climate variability and trends.

Long-term observations of MLT and upper atmosphere GW are sparse. Oliver et al. (2013) indicated that GW activity at ionospheric altitudes could be increasing since the 1970s. Limited observations from radar and from space showed that GW trends in the middle atmosphere are regional and unstable. Hoffmann et al. (2011) reported positive GW trends over Northern Germany from 1990 – 2011 in the height range 80 to 88 km. On the other hand, Jacobi (2014) reported negative trends above 83 km in summer and a weak indication of no or positive trends below. These observations referred to the time interval 1984 – 2007. From 14 years of satellite observations 2002 – 2015, Liu et al. (2017) reported insignificant trends during most months at the midlatitude MLT, but negative trends in July. Since the time intervals considered by these investigations differ, the contradicting results may indicate unstable trends. However, also the considered GW period ranges and observational filters of the different methods may as well influence the results.

To summarize, it is unclear, whether or not GWs at MLT heights exhibit long-term trends, and how these are globally distributed if they should exist. To enlarge the available database of GW proxies, we here present long-term analyses of wind variances from 1984 to 2023, based on wind observations made at Collm (51.3°N , 13.0°E). The time series consists of data obtained with two different methods. In Section 2, the observations, as well as the method of calculation of the GW proxies, and the combination of the data based on different measurements are described. In Section 3 we present a GW long-term climatology, estimates of linear trends, and selected results on interannual variability. Section 4 concludes the paper.

2 Observations

At Collm, MLT winds had been measured from December 1959 to 2008 by the low frequency (LF) spaced receiver (D1) method using the sky wave of different commercial radio transmitters (e.g., Sprenger and Schminder, 1967). Radio waves from several transmitters had been used, including Zehlendorf near Berlin on 177 kHz. The lower ionospheric reflection point of the sky wave registered at Collm is located at 52.11°N , 13.21°E . Horizontal winds have been analysed using the similar fade method at three receivers with 300 m distance. The applied method makes use of the fact that corresponding maxima or minima of similar fadings of the sky wave are registered at the different receivers with a time delay with respect to each other, which is proportional to the drift velocity of electron density fluctuation patterns at the LF reflection height near 90 km. The method has been described in detail, e.g., by Schminder and Kürschner (1994). LF reflection heights have been calculated by phase comparisons of the ground wave and the sky wave in a modulation frequency band near 1.8 kHz (Kürschner et al., 1987). Due to group retardation the estimated heights are too large, and have been corrected using an empirical reduction factor based on phase comparisons of the solar semidiurnal tide based on LF and very high frequency (VHF) meteor radar (MR) observations (Jacobi, 2011). Distributions of the corrected heights are shown in Fig. 1. Note that the reflection heights are changing during the day, and that during summer observations become sparse

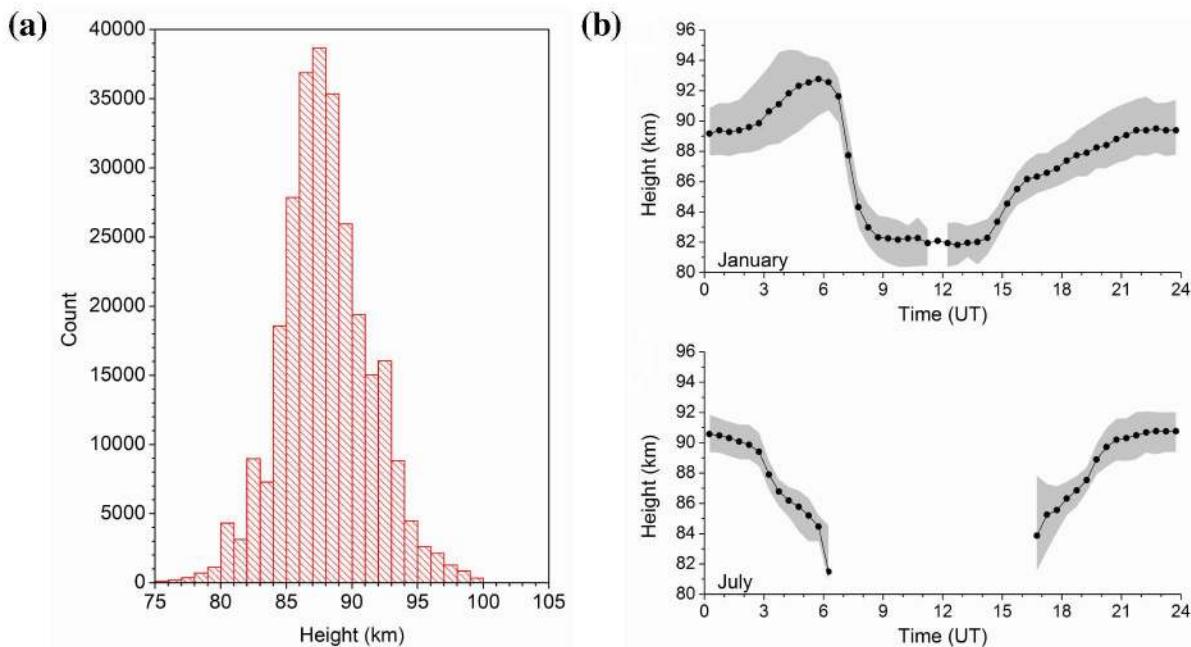


Figure 1: *Corrected LF mean reflection heights. (a) histogram based on data 1984 – 08/2007 (b) diurnal cycle for January (top) and July (bottom) 1983 – 2007. Greyshading indicates upper and lower quartiles, if enough data for calculating these are available.*

and data gaps appear due to LF radio wave absorption in the ionospheric D region in the mesosphere.

Since 2004 to date, VHF MR observations on 36.2 MHz have been performed at Collm (Jacobi, 2012) using the Doppler shifted radio waves reflected from underdense meteor trails. An upgrade of the radar has been made in 2015/2016, including antenna configuration and peak power increase. Details of the radar configuration can be found, e.g., in Stober et al. (2021). The radar delivers winds in the approximate height range of 75 – 105 km. The height information is provided by an interferometer. Sufficiently high numbers of meteors to obtain reliable mean winds are found between 80 and 100 km. The data are binned in six different not overlapping height gates centred at 82, 85, 88, 91, 94, and 98 km with 3 km width, with an exception for the upper gate with 5 km width. Individual winds calculated from the meteors are collected to form half-hourly mean values using a least squares fit of the horizontal wind components to the raw data under the assumption that vertical winds are small (Hocking et al., 2001). An outlier rejection is added to remove radial wind data that differ more than 40 m/s from the projected mean. Note that the nominal heights not necessarily correspond to the mean heights within the gates, because the meteor rates maximize closely below 90 km and decrease above and below (Stober et al., 2008). Therefore, above the meteor maximum the real mean heights are lower than the nominal heights. However, a substantial difference is only visible for 98 km nominal altitude, so that the real mean height of the uppermost gate is closer to 97 km than 98 km (Jacobi, 2012).

2.1 Variance estimation

To estimate variances u' , v' from the LF half-hourly means, a simple method is applied by using the differences of two subsequent half-hourly mean winds:

$$u'(t) = \frac{u\left(t + \frac{\Delta t}{2}\right) - u\left(t - \frac{\Delta t}{2}\right)}{2}, v'(t) = \frac{v\left(t + \frac{\Delta t}{2}\right) - v\left(t - \frac{\Delta t}{2}\right)}{2}, \quad (1)$$

and analysing the variances u'^2 , v'^2 according to Gavrilov et al. (2001, 2002). The method is equivalent to a filter (Gavrilov et al., 2001):

$$H^2 = \frac{\sin^4 \left\{ \frac{\omega \Delta t}{2} \right\}}{\frac{\omega \Delta t}{2}}, \quad (2)$$

with ω as the wave angular frequency. Fig. 2 (a) shows the filter characteristics, i.e., the ratio H^2 of wave energy that is represented in the results, for different periods of waves. This analysis, but using uncorrected virtual heights, have been applied by Jacobi et al. (2006). Jacobi (2014) used corrected LF reflection heights and found weak tendencies for positive GW variance trends in winter and negative ones in summer. Note that variances are not included in the further analysis, if the height changes by more than $\Delta h = 2$ km from one half-hourly mean to another. The limit Δh was chosen as a compromise between reducing the effect of wind shear, and the need for a sufficiently large number of data. An example of 9 hours of wind and height measurements and related wind and height

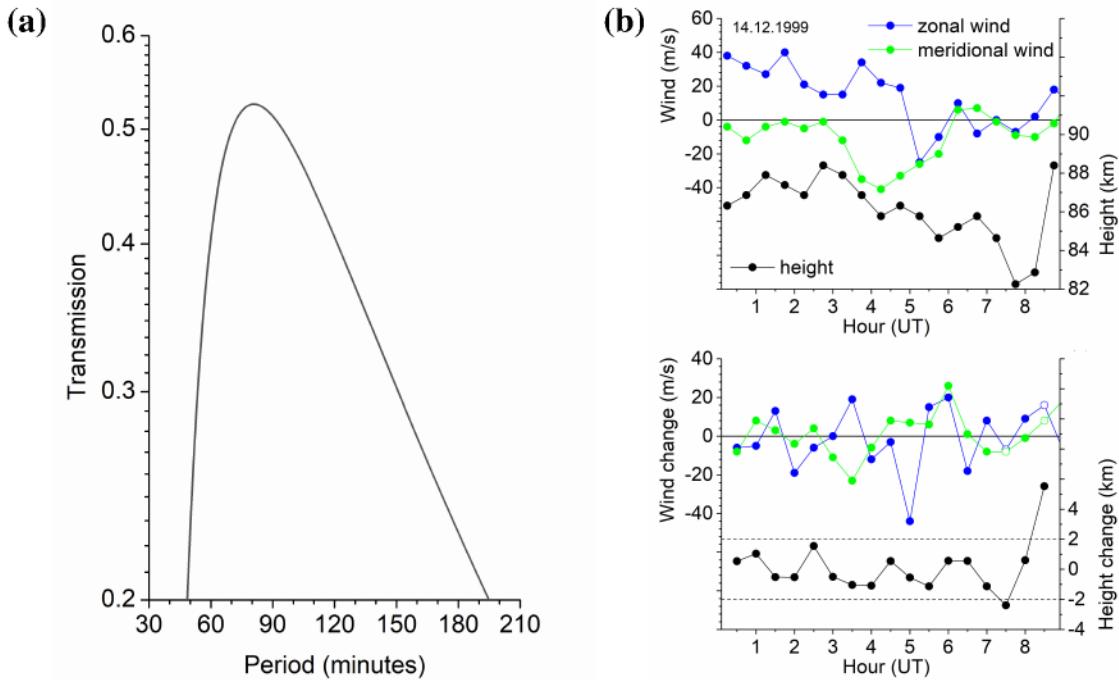


Figure 2: Example of wind difference estimation (a) filter characteristics according to Eq. 2 (b) upper panel: half-hourly winds and heights, lower panel: wind and height half-hourly differences. The dashed lines show the limits for consideration in further analysis. Wind differences not used in further analysis are shown as open symbols.

changes are shown in Fig. 2 (b). The data are sorted into six different height gates of 6 km width centred at 82, 85, 88, 91, 94, and 97 km, i.e. at the same height as the MR mean heights, but with larger bin width. Monthly mean variances are calculated, and seasonal means are taken as averages over three monthly means.

2.2 Bias correction

For the MR observations, half-hourly wind values attributed to the same heights as for the LF values are used, and variances are calculated as for the LF observations. Note, however, that until 2015 a 3-element Yagi antenna was used for transmission, which was then replaced by crossed dipoles. As a consequence, until 2015 the meteor counts in east-west direction were much higher than in north-south direction. Due to the lower count rates, statistical errors in the meridional half-hourly means are larger than in the zonal component. Since 2016, owing to the use of crossed dipoles, a much more regular meteor distribution is observed, and zonal and meridional variances, on average, are of the same order of magnitude. Fig. 3 (a) shows monthly zonal and meridional variances based on uncorrected MR half-hourly winds. Until 2015, meridional variances are larger than zonal ones by a nearly constant factor of about 1.8, while from then on the ratio of zonal/meridional variances is close to unity. In 2020 and 2021, disturbances from a commercial transmitter at Collm hill in south direction from the radar are visible, so that the meridional variances during that time are 40% larger than the zonal ones. The right panel (Fig. 3 (b)) shows the MR wind variance time series after correction for these errors.

LF and MR winds and variances have been obtained by quite different methods. Therefore, it is expected that variances obtained by the two methods differ. In particular, LF observations tend to underestimate the winds at higher altitudes, and meridional LF winds show a bias towards smaller amplitudes (Jacobi et al., 2009). Here we did not perform a mean wind correction such as, e.g., in Jacobi et al. (2015, 2023), but directly corrected the variances based on their comparison during the period of overlapping measurements from August 2004 to August 2007. Examples for uncorrected LF variances at 88 km together with corrected MR values are shown in Fig. 4 (a). Meridional LF variances are smaller than zonal ones. Differences between LF and MR results depend

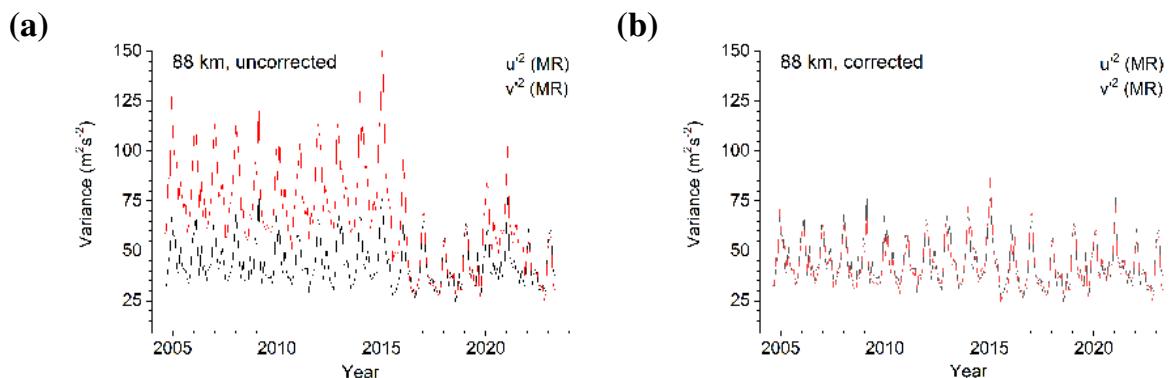


Figure 3: *Monthly zonal and meridional variance at 88 km height based on MR half-hourly winds (a) uncorrected data (b) after correction of meridional variances.*

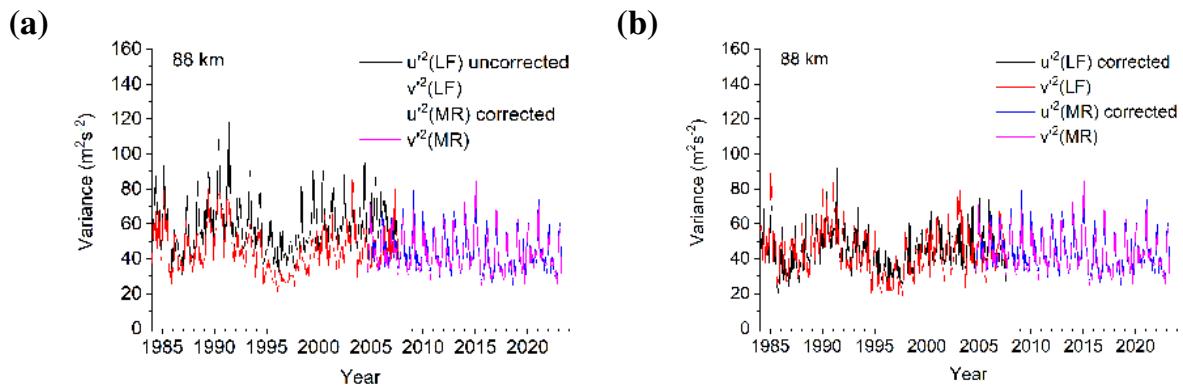


Figure 4: *Monthly zonal and meridional variance at 88 km height. MR values have been corrected for uneven meteor distribution and external disturbances (a) without LF variance correction (b) after LF variance correction.*

on season. The complete time series including corrected LF and MR variances are shown in Fig. 4(b). We note a clear seasonal cycle, as well as some interannual and quasi-decadal variability.

3 Results

In this section, we present the long-term mean climatology of wind variances over Collm, as well as an estimation of long-term trends. These analyses are based on total variances, i.e., $u'^2 + v'^2$. Furthermore a brief presentation of interannual variability is given.

3.1 Seasonal cycle

The long-term mean variance climatology based on the combined LF and MR dataset is shown in Fig. 5. At altitudes above approx. 88 km, the seasonal distribution is dominated by a winter maximum. Minimum values are seen during equinoxes, and a very weak secondary summer maximum is visible. At lower altitudes, the summer maximum exceeds the winter one, which at 82 km becomes very weak. This distribution differs from the one shown by Jacobi et al. (2006) and Jacobi (2014) based on LF observations alone. Their results only included the lower part of the height range, and therefore they found the summer maximum, and only a tendency for the winter maximum at higher altitudes. Furthermore, since Jacobi et al. (2006) and Jacobi (2014) did not apply a correction for the zonal-meridional wind bias (Jacobi et al., 2009), their meridional variances especially at greater altitudes became substantially smaller, without a winter maximum.

A winter GW energy maximum has been reported, e.g., by Hoffmann et al. (2011), who also showed a summer maximum and equinox minimum at altitudes around 85 km, as it is seen in Fig. 5. Note that these results referred to a different period window and only qualitative agreement can be expected. The same was shown for a single year by Hoffmann et al. (2010). They also presented numerical model results that qualitatively confirmed these results.

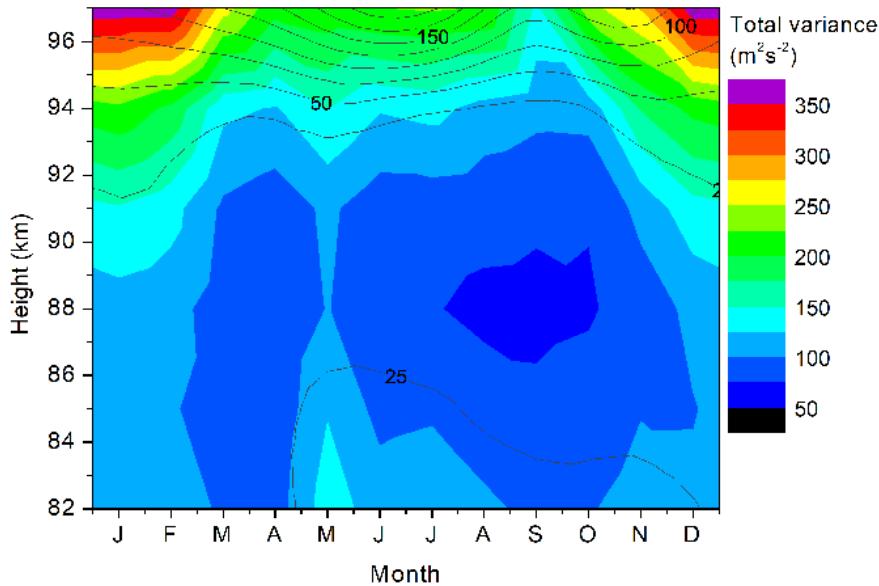


Figure 5: Long-term (01/1984 – 03/2023) mean total variances $u^2 + v^2$ based on LF and MR observations. Standard deviations based on monthly means are added as black lines.

3.2 Long-term trends

From earlier LF observations at Collm, Jacobi (2014) has reported positive GW trends in winter and negative ones in summer. These trends, however, were not very strong, and in most months and height regions not significant, while there was a strong quasi-decadal signature visible, with variance increasing with solar activity within the 11-year Schwabe cycle. In Fig. 6 we show the seasonal (3-monthly) mean total variances at 88 km. Linear trends are added in the figure. In winter, the trend is slightly positive, while in spring and summer GWs decrease with time and there is no trend at 88 km in autumn. This is qualitatively consistent with the earlier LF results. However, the quasi-decadal cycle visible during the earlier years is strongly reduced since the 2000s. Note that the variance minima in the middle of the 1980s and 1990s are consistent with similar minima in the thermosphere as shown by Oliver et al. (2013, their Figure 2). Their time series also did not include such minima after the year 2000, which is also consistent with Fig. 6. The large variance changes the 1980s and 1990s lead to low significance levels in trend estimation. It should also be noted that winter trends after the year 2000 are weak and possibly even reversed. These trend changes may be connected with background wind trend changes at that time as it has been reported by Jacobi et al. (2023).

As it has already been shown by Jacobi (2014), the observed GW trends differ with height. In Fig. 7 we show linear trend coefficients for different seasons and heights. Standard errors and 95% confidence levels are added. Note that we do not show results for the uppermost level, because due to the sparsity of LF data at that heights there are data gaps even when seasonal means are regarded. In winter, trends are generally positive, but they increase in magnitude at lower and upper altitudes. A similar tendency for the height distribution of trends is visible in spring and summer, i.e., while in the middle of the considered height interval the trends are negative during these seasons,

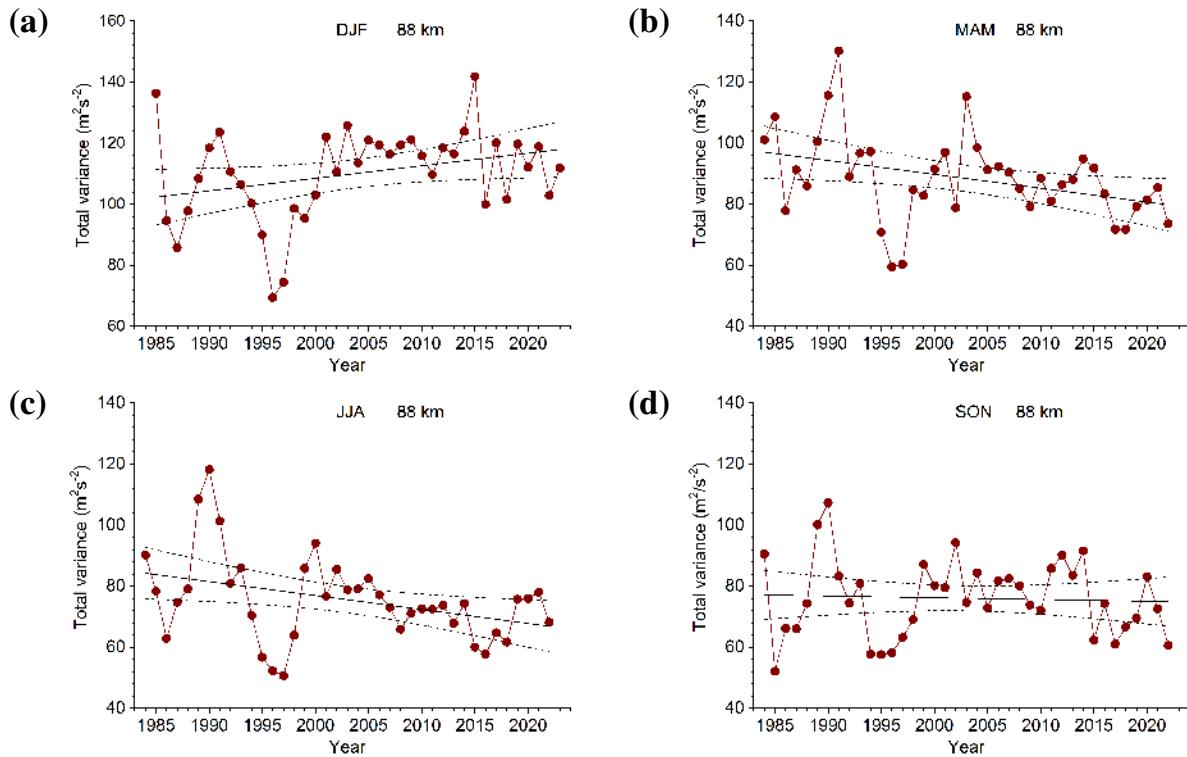


Figure 6: Seasonal mean total variances for (a) DJF, (b) MAM, (c) JJA, and (d) SON over Collm at 88 km altitude. Linear fits are added. Dashed lines show 95% confidence bands. Note the different scaling for DJF.

they turn towards less negative and even positive values at the lower and upper height gates. Thus, the positive (although insignificant) trend in summer at 82 km is consistent with the results by Hoffmann et al. (2011). During autumn, long-term trends are weaker and except for the 85 km height gate, not significant.

3.3 Interannual variations

In Figure 8 running periodograms, based on monthly mean zonal and meridional variances during 12-year data windows each, are shown. The figure shows the quasi-decadal variability in the first half of the observations. After the turn of the millennium, this signal vanishes, but later reappeared, although with smaller amplitude. Especially in the meridional variance, one also notes interannual variations in the 3–4 and quasi-biennial time scale. Circulation patterns like El Niño Southern-Oscillation (ENSO) or the Quasi-Biennial Oscillation (QBO) influence the middle atmosphere at mid- to high latitudes at these time scales. ENSO signatures are visible throughout the stratosphere and mesosphere (Ermakova et al., 2019), but in the MLT the signal may depend on the considered time interval and the height (Jacobi et al., 2017; Liu et al., 2023). This may be a reason for the intermittent signature on 3–4 year signals in Figure 8. The QBO strongly influences the winter middle atmosphere through the so-called Holton-Tan effect (Holton and Tan, 1982; Karami et al., 2023) on stratospheric warming frequencies during different QBO phases. A clear QBO signal in mean MLT winds over Collm is not visible, but LF reflection heights do show such variability (Kürschner and Jacobi, 2003; Peters and

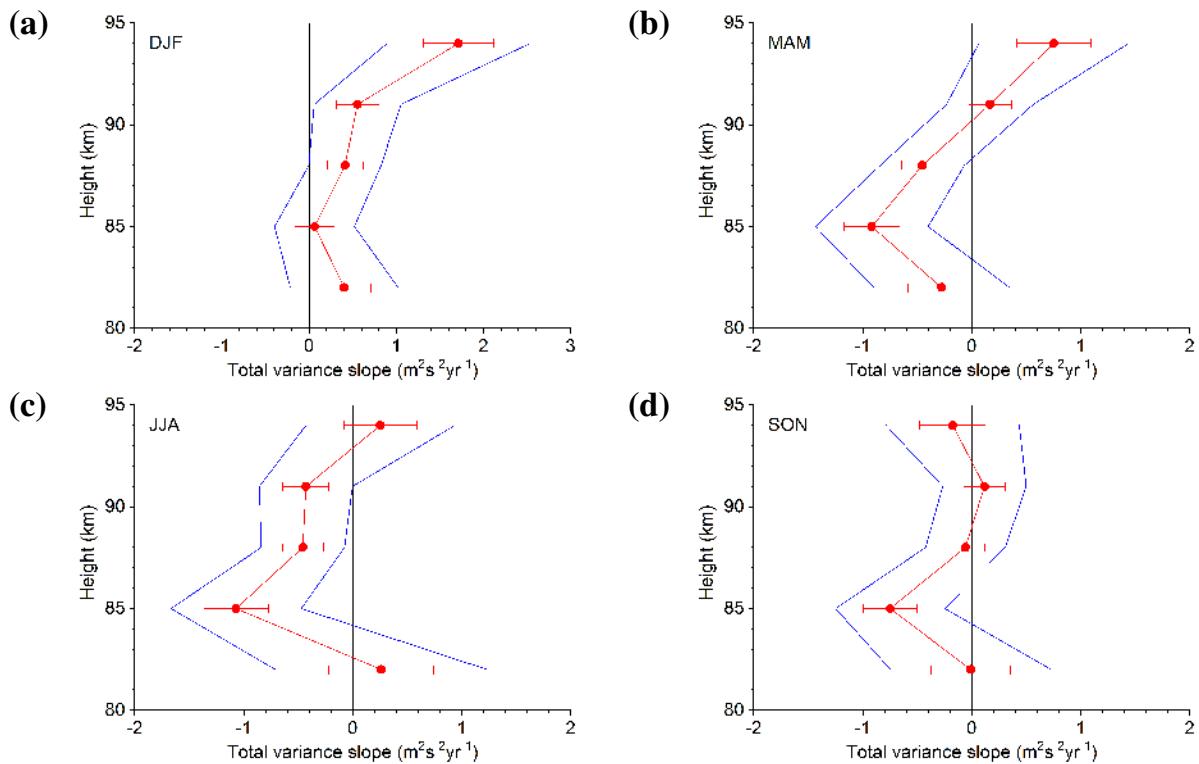


Figure 7: Seasonal mean trend slopes at 82 - 95 km altitudes for (a) DJF, (b) MAM, (c) JJA, and (d) SON over Collm. Error bars show standard errors. Blue lines show upper and lower 95% confidence levels.

Entzian, 2015). These reflection heights show the integrated signature of mesospheric temperatures. Thus, a possible QBO effect on MLT GW is conceivable.

4 Conclusions and outlook

We have shown wind variances calculated from half-hourly wind differences in MLT observations by two different methods, namely the LF spaced received method and observations by MR. We have applied a bias correction and thus were able to present monthly means and time series from 1984 to 2023 in an altitude range from 82 to 97 km. The long-term mean variances exhibit a winter maximum, and a secondary summer maximum especially visible in the upper mesosphere and less clearly in the lower thermosphere. This distribution is qualitatively consistent with earlier observations and model results (Hoffmann et al., 2010, 2011).

GW activity in the MLT changes with time. In the lower thermosphere, during most seasons a positive trend is visible, consistent with literature results (Oliver et al., 2013). In the MLT, trends are mostly negative, while in the upper mesosphere there is a tendency for positive trends again. While the latter is consistent with other reported trends (Hoffmann et al., 2011), our results are not statistically significant and need to be interpreted with care.

GW amplitudes vary at different time scales. In particular, there is a quasi-decadal oscillation, which is strongly expressed during the first half of our time series, but then vanishes and reappears later with smaller amplitude. This is qualitatively consistent with

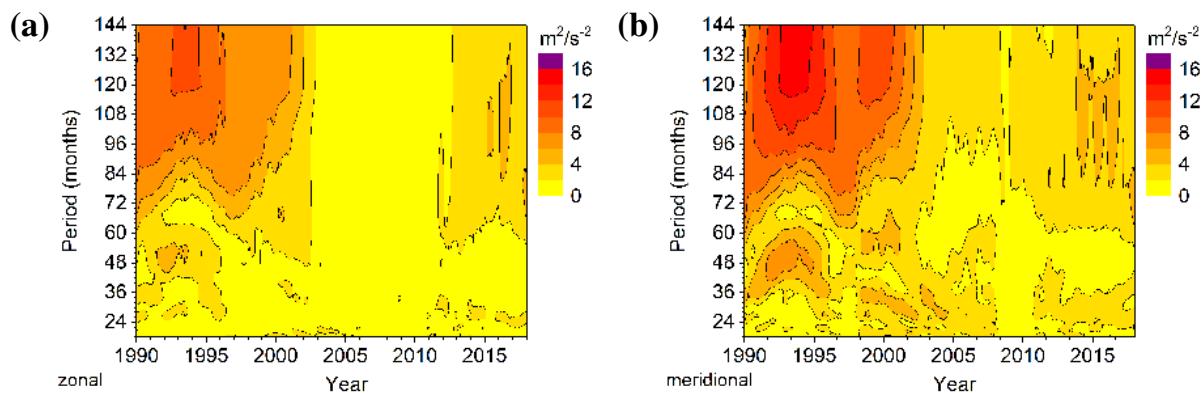


Figure 8: *Running periodograms of (a) zonal and (b) meridional variance based on monthly data at 88 km altitude.*

results by Oliver et al. (2013). Other variability at the QBO and ENSO time scales of a few years may be connected with these circulation patterns, but this remains to be proven.

Long-term trends, decadal, and interannual changes of GW activity in the MLT may be a signature of GW-mean flow coupling in the middle atmosphere. Future analyses therefore should combine mean wind and GW observations, preferably also at lower altitudes in the mesosphere. For this, partial reflection radars such as the Juliusruh one (e.g., Jaen et al., 2022, 2023) could be employed.

Acknowledgements: This work was supported by the German Research Foundation (DFG) through grant JA 836/47-1.

References

- Ermakova, T. S., Aniskina, O. G., Statnaya, I. A., Motsakov, M. A., and Pogoreltsev, A. I.: Simulation of the ENSO influence on the extra-tropical middle atmosphere, *Earth, Planets and Space*, 71, 8, doi:10.1186/s40623-019-0987-9, 2019.
- Gavrilov, N., Jacobi, C., and Kürschner, D.: Climatology of ionospheric drift perturbations at Collm, Germany, *Adv. Space Res.*, 27, 1779–1784, doi:10.1016/S0273-1177(01)00339-8, 2001.
- Gavrilov, N. M., Fukao, S., Nakamura, T., et al.: Comparative study of interannual changes of the mean winds and gravity wave activity in the middle atmosphere over Japan, Central Europe and Canada, *J. Atmos. Sol.-Terr. Phys.*, 64, 1003 – 1010, doi:10.1016/S1364-6826(02)00055-X, 2002.
- Hocking, W., Fuller, B., and Vandepeer, B.: Real-time determination of meteor-related parameters utilizing modern digital technology, *J. Atmos. Sol.-Terr. Phys.*, 63, 155 – 169, doi:10.1016/S1364-6826(00)00138-3, 2001.
- Hoffmann, P., Becker, E., Singer, W., and Placke, M.: Seasonal variation of mesospheric waves at northern middle and high latitudes, *J. Atmos. Sol.-Terr. Phys.*, 72, 1068–1079, doi:10.1016/j.jastp.2010.07.002, 2010.
- Hoffmann, P., Rapp, M., Singer, W., and Keuer, D.: Trends of mesospheric gravity waves at northern middle latitudes during summer, *J. Geophys. Res.: Atmospheres*, 116, D00P08, doi:10.1029/2011JD015717, 2011.
- Holton, J. R. and Tan, H.-C.: The Quasi-Biennial Oscillation in the Northern Hemisphere Lower Stratosphere, *J. Meteor. Soc. Japan*, 60, 140–148, doi:10.2151/jmsj1965.60.1_140, 1982.
- Jacobi, C.: Meteor radar measurements of mean winds and tides over Collm (51.3° N, 13° E) and comparison with LF drift measurements 2005–2007, *Adv. Radio Sci.*, 9, 335–341, doi:10.5194/ars-9-335-2011, 2011.

- Jacobi, C.: 6 year mean prevailing winds and tides measured by VHF meteor radar over Collm (51.3°N , 13.0°E), *J. Atmos. Sol.-Terr. Phys.*, 78-79, 8–18, doi:10.1016/j.jastp.2011.04.010, 2012.
- Jacobi, C.: Long-term trends and decadal variability of upper mesosphere/lower thermosphere gravity waves at midlatitudes, *J. Atmos. Sol.-Terr. Phys.*, 118, 90–95, doi:10.1016/j.jastp.2013.05.009, 2014.
- Jacobi, C., Gavrilov, N. M., Kürschner, D., and Fröhlich, K.: Gravity wave climatology and trends in the mesosphere/lower thermosphere region deduced from low-frequency drift measurements 1984–2003 (52.1°N , 13.2°E), *J. Atmos. Sol.-Terr. Phys.*, 68, 1913–1923, doi:10.1016/j.jastp.2005.12.007, 2006.
- Jacobi, C., Arras, C., Kürschner, D., et al.: Comparison of mesopause region meteor radar winds, medium frequency radar winds and low frequency drifts over Germany, *Adv. Space Res.*, 43, 247 – 252, doi:10.1016/j.asr.2008.05.009, 2009.
- Jacobi, C., Lilienthal, F., Geißler, C., and Krug, A.: Long-term variability of mid-latitude mesosphere-lower thermosphere winds over Collm (51°N , 13°E), *J. Atmos. Sol.-Terr. Phys.*, 136, 174–186, doi:10.1016/j.jastp.2015.05.006, 2015.
- Jacobi, C., Ermakova, T., Mewes, D., and Pogoreltsev, A. I.: El Niño influence on the mesosphere/lower thermosphere circulation at midlatitudes as seen by a VHF meteor radar at Collm (51.3°N , 13°E), *Adv. Radio Sci.*, 15, 199–206, doi:10.5194/ars-15-199-2017, 2017.
- Jacobi, C., Kuchar, A., Renkwick, T., and Jaen, J.: Long-term trends of midlatitude horizontal mesosphere/lower thermosphere winds over four decades, *Adv. Radio Sci.*, 21, 111–121, doi:10.5194/ars-21-111-2023, 2023.
- Jaen, J., Renkwick, T., Chau, J. L., et al.: Long-term studies of mesosphere and lower-thermosphere summer length definitions based on mean zonal wind features observed for more than one solar cycle at middle and high latitudes in the Northern Hemisphere, *Ann. Geophys.*, 40, 23–35, doi:10.5194/angeo-40-23-2022, 2022.
- Jaen, J., Renkwick, T., Liu, H., et al.: Long-term studies of the summer wind in the mesosphere and lower thermosphere at middle and high latitudes over Europe, *Atmos. Chem. Phys.*, 23, 14 871–14 887, doi:10.5194/acp-23-14871-2023, 2023.
- Karami, K., Garcia, R., Jacobi, C., Richter, J. H., and Tilmes, S.: The Holton–Tan mechanism under stratospheric aerosol intervention, *Atmos. Chem. Phys.*, 23, 3799–3818, doi:10.5194/acp-23-3799-2023, 2023.
- Kürschner, D., Schminder, R., Singer, W., and Bremer, J.: Ein neues Verfahren zur Realisierung absoluter Reflexionshöhenmessungen an Raumwellen amplitudenmodulierter Rundfunksenden bei Schrägeinfall im Langwellenbereich als Hilfsmittel zur Ableitung von Windprofilen in der oberen Mesopausenregion, *Z. Meteorol.*, 37, 322–332, 1987.
- Kürschner, D. and Jacobi, C.: Quasi-biennial and decadal variability obtained from long-term measurements of nighttime radio wave reflection heights over Central Europe, *Adv. Space Res.*, 32, 1701–1706, doi:10.1016/S0273-1177(03)90465-0, 2003.
- Liu, X., Yue, J., Xu, J., et al.: Variations of global gravity waves derived from 14 years of SABER temperature observations, *J. Geophys. Res.: Atmospheres*, 122, 6231–6249, doi:10.1002/2017JD026604, 2017.
- Liu, X., Xu, J., Yue, J., and Andrioli, V. F.: Variations in global zonal wind from 18 to 100 km due to solar activity and the quasi-biennial oscillation and El Niño–Southern Oscillation during 2002–2019, *Atmos. Chem. Phys.*, 23, 6145–6167, doi:10.5194/acp-23-6145-2023, 2023.
- Oliver, W. L., Zhang, S.-R., and Goncharenko, L. P.: Is thermospheric global cooling caused by gravity waves?, *J. Geophys. Res.: Space Physics*, 118, 3898–3908, doi:10.1002/jgra.50370, 2013.
- Peters, D. H. and Entzian, G.: Long-term variability of 50 years of standard phase-height measurement at Kühlungsborn, Mecklenburg, Germany, *Adv. Space Res.*, 55, 1764–1774, doi:10.1016/j.asr.2015.01.021, 2015.
- Schminder, R. and Kürschner, D.: Permanent monitoring of the upper mesosphere and lower thermosphere wind fields (prevailing and semidiurnal tidal components) obtained from LF D1 measurements in 1991 at the Collm Geophysical Observatory, *J. Atmos. Terr. Phys.*, 56, 1263–1269, doi:10.1016/0021-9169(94)90064-7, 1994.
- Sprenger, K. and Schminder, R.: Results of ten years' ionospheric drift measurements in the l.f. range, *J. Atmos. Sol.-Terr. Phys.*, 29, 183–199, doi:10.1016/0021-9169(67)90132-8, 1967.

Stober, G., Jacobi, C., Fröhlich, K., and Oberheide, J.: Meteor radar temperatures over Collm (51.3°N , 13°E), *Adv. Space Res.*, 42, 1253 – 1258, doi:10.1016/j.asr.2007.10.018, 2008.

Stober, G., Kuchar, A., Pokhotelov, D., et al.: Interhemispheric differences of mesosphere–lower thermosphere winds and tides investigated from three whole-atmosphere models and meteor radar observations, *Atmos. Chem. Phys.*, 21, 13 855–13 902, doi:10.5194/acp-21-13855-2021, 2021.

Precipitation throughfall studies with disdrometers at the MyDiv Experiment in 2022

Urban, J.^{1,✉}, Trosits, A.¹, Foth, A.¹, Feilhauer, H.², Kalesse-Los, H.¹

¹ Leipzig Institute for Meteorology, Leipzig University, Germany

² Remote Sensing Centre for Earth System Research (RSC4Earth), Leipzig University, Germany

✉e-mail: ju35syno@studserv.uni-leipzig.de

Summary: In fall 2022, disdrometer measurements were carried out at the MyDiv experiment in Bad Lauchstädt for six weeks. One optical Thies laser disdrometer was set up in the open field and a second one in a series of monoculture plots of tree communities. After several precipitation events, the disdrometer below canopy was moved to a different monoculture plot. The measurements aimed to investigate precipitation throughfall characteristics under different tree species compared to the disdrometer in open land. This paper first gives a brief overview about the measurement campaign and the instrumentation. Afterward, the data quality and filtering of the data are explained. This is followed by the data evaluation, in which both, the number of hydrometeors, and the amount and intensity of precipitation under the tree species are analyzed in comparison to the open field disdrometer. In addition, the precipitation amount is analyzed across tree species of different foliage density.

Zusammenfassung: Im Herbst 2022 wurden auf dem Gelände des MyDiv Experiments in Bad Lauchstädt über sechs Wochen hinweg Distrometermessungen durchgeführt. Dabei wurde ein optisches Thies Laser Distrometer unter freiem Himmel und ein zweites in eine Reihe von Monokulturparzellen gestellt. Nach einigen Niederschlagsevents wurde das Disdrometer unter dem Kronendach in eine andere Monokulturparzelle versetzt. Das Ziel der Messungen war dabei, die Niederschlagscharakteristika unter verschiedenen Baumarten im Vergleich zum Distrometer zu untersuchen. In dieser Arbeit wird zunächst ein kurzer Überblick über die Messkampagne und das Messgerät gegeben. Im Anschluss wird die Datenqualität und Filterung der Daten erläutert. Daraufhin folgt die Datenauswertung, in der sowohl die Anzahl der Hydrometeore als auch die Menge und Intensität der Niederschlagsereignisse unter den Baumarten im Vergleich zum freistehenden Distrometer analysiert wird. Darüber hinaus wird weiterführend die Niederschlagsmenge auch zwischen Messungen unter Baumarten verschiedener Belaubungsdichte untersucht.

1 Introduction

Tree canopy interaction with precipitation is composed of three components: stemflow, interception, and throughfall. Stemflow describes the precipitation that falls onto the leaves and branches of the tree and is channeled to the stem, on which it flows down to the ground. Interception on the other hand describes the fraction of precipitation that remains on the leaves and evaporates from there (Bellot et al. (1999) and Levia et al. (2017)). However, part of the precipitation also reaches the ground, either by splashing and dripping of the leaves or by falling through the canopy without any interaction. All these types of precipitation below a tree's canopy combined are called throughfall. It is important to characterize throughfall as it influences both the water balance of the respective tree and surrounding soil as well as the fluxes of latent and sensible heat above the canopy (Wilson et al. (2001) and Hsieh et al. (2022)). This study aims to characterize the precipitation throughfall under different tree species. For this purpose, disdrometer data from a six-week measurement campaign from fall 2022 in Bad Lauchstädt (Germany) is analyzed.

2 Measurement campaign and instrumentation

The measurement campaign took place from August 30 to October 12, 2022, at the MyDiv experiment in Bad Lauchstädt. The MyDiv experiment consists of 80 plots of tree species mixtures or monocultures, covering 11 m x 11 m each. The trees were seven years old at the time of the measurement campaign. One disdrometer was placed in the open field to measure gross, undisturbed precipitation characteristics, and the other one was placed in the center of a specific tree plot. During the entire measurement campaign, the disdrometer under trees was placed in tree plots with monocultures and was moved to a new plot with a different tree species after a few precipitation events to study the effects of different species on throughfall. This was repeated seven times until the end of the measurement campaign. During the campaign, the distance between the two disdrometers varied between 34 m and 87 m. Figure 1 shows the two disdrometers during the measurement campaign. With one being located in open land (left) and one below the trees, here the photo shows Birch exemplarily. An overview of the different tree species/plots and the corresponding times when the disdrometer was located in them can be found in Table 1. Note that under the last tree species (European Ash), no precipitation was recorded.



Figure 1: Disdrometers during the measurement campaign, on the left the disdrometer in the open land, on the right the disdrometer under trees in a plot of birch (*Betula pendula*). Images by Andreas Foth.

Table 1: Tree species number (1st column) with plot numbers (2nd column), a photo of the canopy of the tree species from below (3rd column) and further information (name of the tree species, period in which the disdrometer measured in the tree species plot, foliage density, number of recorded precipitation events in the period) (4th column). Images by Anna Trosits.

Nr.	Plot number MyDiv	Photo of the canopy	Further information (time in CEST)
1	22		<ul style="list-style-type: none"> - Hornbeam - 30.08. (13:00) – 07.09.2022 (11:30) - Foliage density: Medium foliage - Number of precipitation events: 2
2	27		<ul style="list-style-type: none"> - Birch - 07.09. (11:30) – 09.09.2022 (10:30) - Foliage density: Medium foliage - Number of precipitation events: 3
3	33		<ul style="list-style-type: none"> - Horse Chestnut - 09.09. (10:30) - 16.09.2022 (11:00) - Foliage density: Thin foliage - Number of precipitation events: 7
4	19		<ul style="list-style-type: none"> - Sycamore maple - 16.09. (11:00) – 19.09.2022 (12:00) - Foliage density: Medium foliage - Number of precipitation events: 10
5	31		<ul style="list-style-type: none"> - Cherry - 19.09. (12:00) – 22.09.2022 (10:00) - Foliage density: Medium foliage - Number of precipitation events: 2
6	47		<ul style="list-style-type: none"> - Sessile Oak - 22.09. (10:00) – 28.09.2022 (09:30) - Foliage density: Dense foliage - Number of precipitation events: 5
7	56		<ul style="list-style-type: none"> - European Beech - 28.09. (09:30) – 05.10.2022 (12:30) - Foliage density: Dense foliage - Number of precipitation events: 10
8	61		<ul style="list-style-type: none"> - European Ash - 05.10. (12:30) – 12.10.2022 (09:30) - Foliage density: Thin foliage - Number of precipitation events: 0

To characterize the precipitation, two optical disdrometers from the Adolf Thies GmbH & Co. KG were used (Thies (2022)). These instruments have a laser diode that emits a laser band (20 mm x 0.75 mm) in the near infrared range (785 nm). This laser band travels a distance of 228 mm before it is detected by a photodiode and is converted into an electrical signal. These 228 mm x 20 mm x 0.75 mm denote the measurement volume. If a hydrometeor passes through the measuring volume, the laser signal is attenuated. The size of the particle can be deduced from the amplitude of the attenuation and its fall velocity from the duration of the attenuation. The hydrometeors are divided into 22 finite diameter and 20 finite fall velocity bins. The bin width increases as the value of the measured variable increases. This means that small fall velocity/diameter bin values have a small bin width and large fall velocity/diameter bin values have a large bin width. An average bin value can be determined by the arithmetic mean of the upper and lower bin edges for all bins. These bin averages cover a spectrum from 0.125 mm to 8.5 mm for the diameters and 0 m s⁻¹ to 20 m s⁻¹ for the fall velocities, respectively. From the size and fall velocity spectrum of the registered hydrometeors further parameters such as the amount and intensity of precipitation (subdivided into the thermodynamic states of liquid and solid and their sum), precipitation type (e.g. rain, snow, hail) as well as visibility and radar reflectivity are determined.

The measured and calculated data is then stored in a dataset with a frequency of one minute. A more detailed description of the classification algorithm of the measuring system is provided in Trosits et al. (2023).

3 Methodology and data analysis

A total of 40 precipitation events were detected by the disdrometers during the measurement campaign. Due to a gap in measurements for the disdrometer under the canopy for a precipitation event on 16.09.2022, one event had to be discarded from the analysis. Therefore, 39 precipitation events remain for the analysis. The detection of a precipitation event was carried out manually based on the amount of precipitation, the precipitation intensity, and the size and fall velocity distribution of the registered hydrometeors. During this process, precipitation events with short temporal interruptions and similar characteristics in precipitation intensity as well as their size and fall velocity distribution have been merged into one precipitation event. The manual selection was necessary because especially the disdrometer in open land, but to a smaller extent also the disdrometer under trees, produced interference signals in the data which would distort automated precipitation event detection algorithms and thereby produce false precipitation events in the analysis. These interference signals could be caused, for example, by spider webs, insects, or pollen. Despite the manual filtering of the precipitation events, some interference signals remain in the dataset and superimpose with the actual hydrometers during a precipitation event. In the observations, one can see that the interference signals are characterized by small particle diameters, but cover the entire fall velocity spectrum (not shown here).

To reduce the influence of these disturbances during the precipitation events, hydrometeors with small diameters and unrealistically high fall velocities were filtered out. Equation 1 was defined empirically for this purpose. The following applies to filtered hydrometeors:

$$v - 7d > 2, \quad (1)$$

with:

v = Fall velocity of the hydrometeors in m s^{-1} (bin average)

d = Diameter of the hydrometeors in mm (bin average)

For the analysis of the precipitation amount across different foliage densities, the precipitation events were subdivided into three groups depending on the foliage density of the tree species in which the disdrometer under the canopy was located during the event. Statistical correlations are calculated for the foliage density groups. Precipitation events during which a higher precipitation amount was measured under trees than in the open land are treated separately. Besides the smaller amount of precipitation below canopy, there is also a delay of the precipitation onset below the trees. Especially, the dense foliage from Sessile Oak retards throughfall up to 20 minutes, while thin and medium dense foliage only produces delays of maximal 10 minutes. A systematic shift of the intensity development of precipitation could not be found.

4 Results and discussion

Figure 2 shows for each precipitation event, the number of filtered hydrometeors (Figure 2a), the amount of precipitation (Figure 2b) and the maximum precipitation intensity (Figure 2c) for the disdrometer in open land (turquoise) and the disdrometer below canopy (green) for each precipitation event. Figure 2 provides a general overview of the precipitation events, that were characterized in the measurement campaign. It can be seen that for most events all three variables have larger values for the disdrometer in open land than for the one under trees. The measurements under horse chestnut trees are an exception: The amount and intensity of precipitation is often higher under these trees than on the free field. This effect could be explained on the one hand by small-scale variability in the precipitation events, so that the distance between the two disdrometers (34 - 87 m) already has a significant influence on the precipitation amount, but on the other hand also by the tree canopy structural complexity. The precipitation falling onto the canopy is also partially diverted to the sides, similar to a house roof, where it falls to the ground. The disdrometer could have been located exactly under one of these places where the collected rainwater falls to the ground.

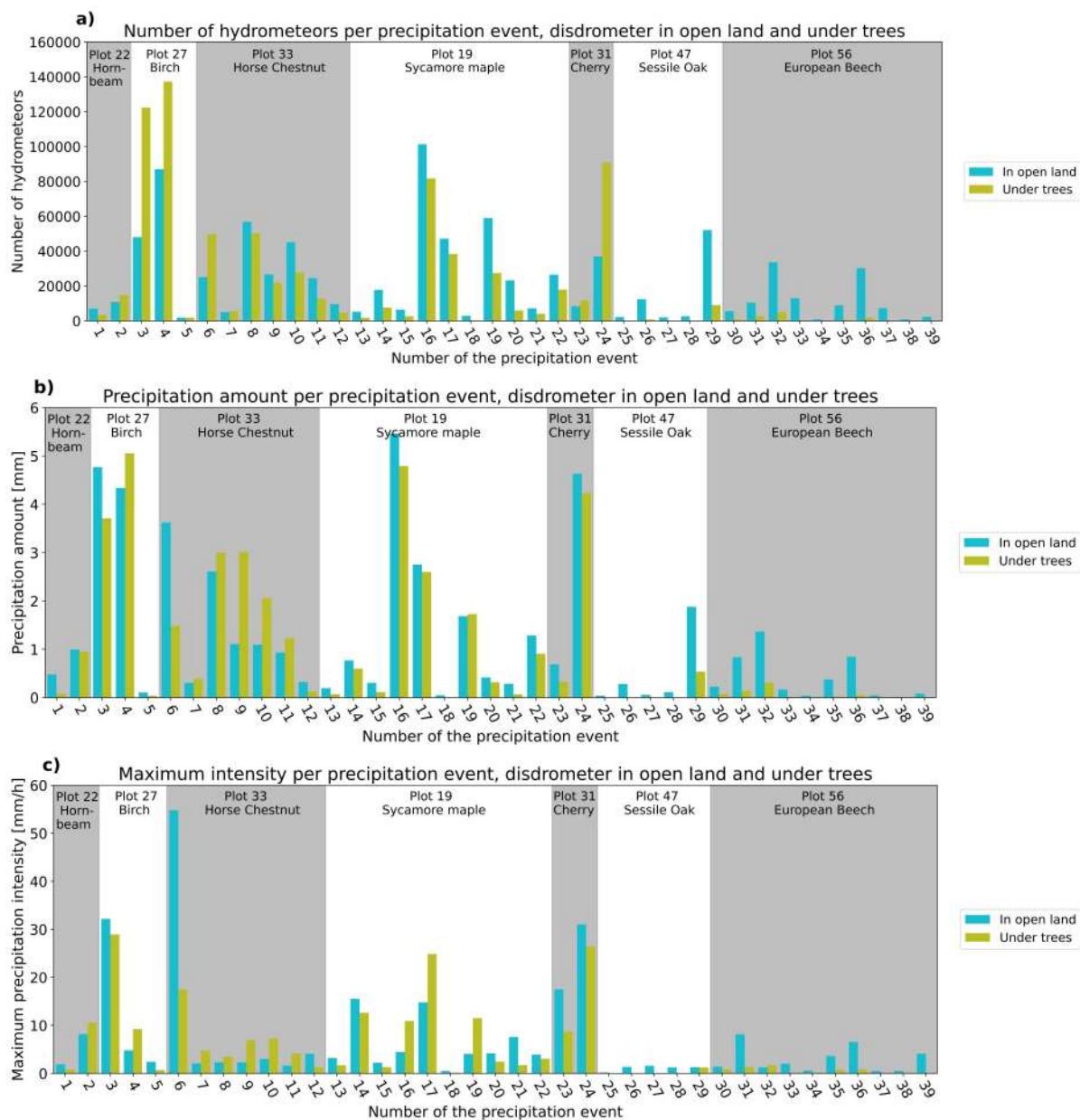


Figure 2: Number of hydrometeors (a), Precipitation amount (b) and Precipitation intensity (c) per precipitation event for the disdrometer under trees (green) and the disdrometer in open land (turquoise). European Ash is not shown because no precipitation events occurred when the disdrometer was placed inside the plot of this tree species.

Figure 3 shows the amount of precipitation from the disdrometer in open land compared to the amount of precipitation from the disdrometer under trees. A distinction was made between the different foliage densities (colors), and the duration of the precipitation event, represented by data points of different sizes. In addition, those precipitation events in which a higher amount of precipitation was measured under trees than in open land were marked in red and the foliage density was retained as a colored edging. Linear fits and correlation coefficients were calculated for the various foliage densities, except for thin foliage. Below trees with thin foliage a higher amount of precipitation was recorded under trees compared to the disdrometer in open land for the majority of the precipitation events, thus the statistical meaningfulness is not given for the two remaining precipitation events where this was not the case. Figure 3 clearly shows that the amount of throughfall is highly correlated with the gross precipitation in open land. A linear relationship is often assumed in the literature (Xiao et al. (2000), Xiao and McPherson (2011), Liu et al. (2018), Magliano et al. (2019) and Blume et al. (2022)). However, it is known that the relationship is non-linear, especially for small amounts of precipitation (Magliano et al. (2019) and Li et al. (2019)). This is the case because the hydrometeors fall onto the canopy and initially contribute exclusively to moistening the leaves, branches, and the stem. This surface water then evaporates again over time. Thus, for low precipitation amounts, no throughfall will be recorded. With higher amounts of precipitation, the surfaces are increasingly moistened. The additional water then can no longer remain on the leaves and stem and is diverted downwards, where it can then be detected by the disdrometer. The moistening of the leaves and the ratio of precipitation detected by the disdrometer thus follow saturation curves (Nanko et al. (2008) and Sadeghi et al. (2018)). The saturation curves are influenced by the foliage density, among other parameters. With dense foliage, there is significantly more leaf surface, which can be moistened initially, but also continuously. For this reason, it is expected that under a tree with dense foliage higher amounts of precipitation are required to detect any throughfall at all, but also that saturation (wetting of the surfaces) takes longer than with thin foliage (Gómez et al. (2001), Sadeghi et al. (2018) and Nooraei Beidokhti and Moore (2021)). These described characteristics could also be observed in our field experiment.

Figure 4 shows the amount of precipitation at the disdrometer in open land in relation to the ratio of the amount of precipitation from the disdrometer under trees to the disdrometer in open land (under trees / in open land). A distinction was made between the different foliage densities (colors), and the duration of the precipitation event, represented by data points of different sizes. In addition, those precipitation events in which a higher amount of precipitation was measured under trees than in open land were marked in red and the foliage density was retained as a colored edging. Saturation curves and correlation coefficients were calculated for medium and dense foliage. Below trees with thin foliage a higher amount of precipitation was recorded under trees compared to the disdrometer in open land for the majority of the precipitation events, thus the statistical meaningfulness is not given for the two remaining precipitation events where this was not the case.

It can be seen that for the same amount of gross precipitation, significantly more precipitation is measured under trees with medium foliage than with dense foliage. In addition, the saturation curve (function) is steeper for medium foliage compared to dense foliage. There is also a significant offset (shift from the zero point) for dense foliage. Only above a precipitation amount of $0.23 \text{ mm} \pm 0.16 \text{ mm}$ any throughfall at all is recorded under the trees. At six precipitation events under dense foliage, no precipitation was recorded under the canopy.

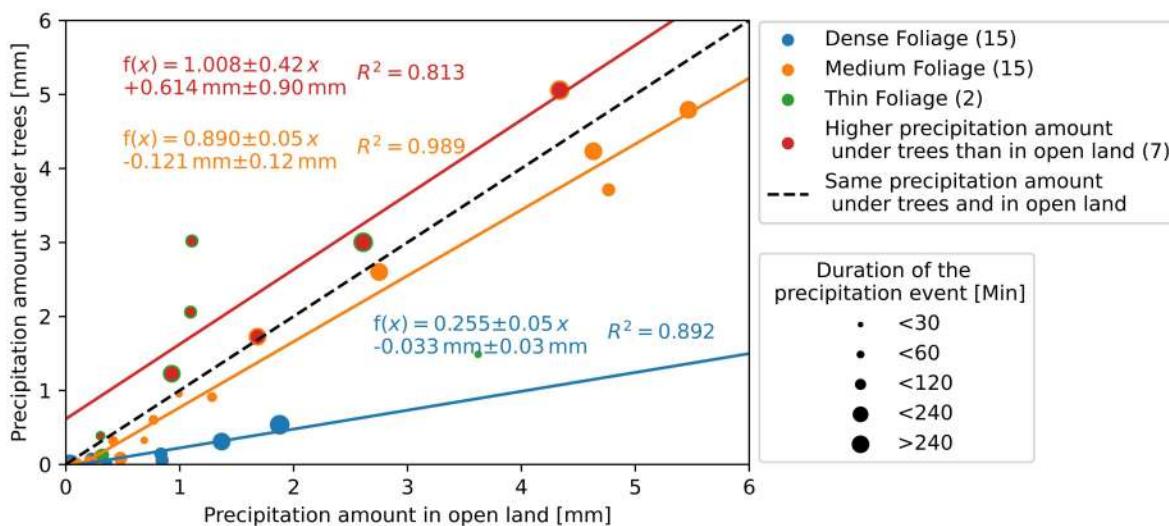


Figure 3: Relation between the amount of precipitation from the disdrometer in open land and the disdrometer under trees for all precipitation events subdivided by foliage density. A linear relationship is assumed.

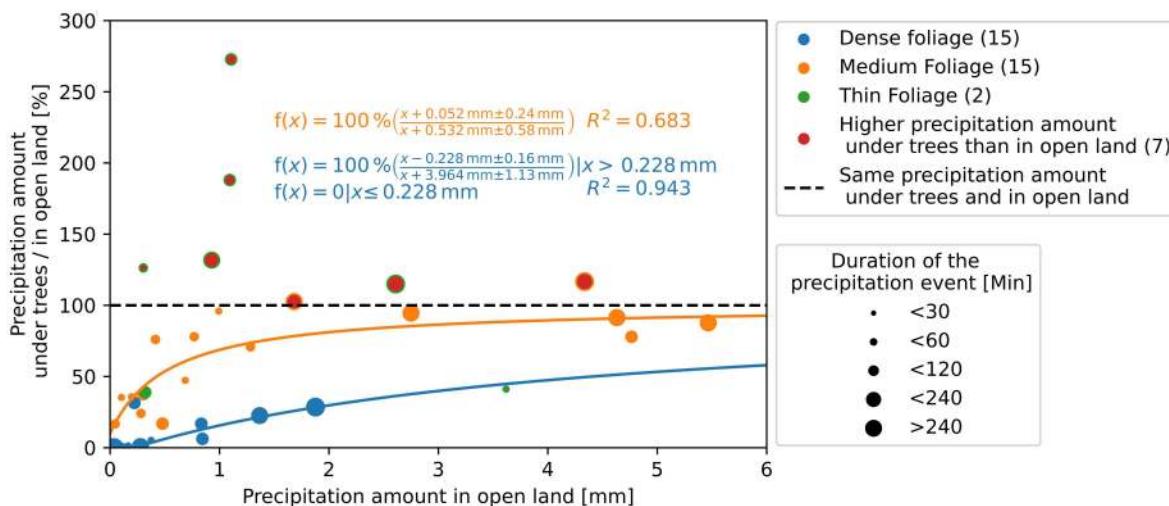


Figure 4: Relation between the amount of precipitation from the disdrometer in open land and the ratio of the two precipitation amounts (under trees / in open land), for all precipitation events subdivided by foliage density.

Figure 5a shows the relative frequency of hydrometeors in relation to their diameter for the disdrometer under trees (green) and the disdrometer in open land (turquoise). The relative frequency was calculated in relation to the total number of registered hydrometeors of the corresponding disdrometer. Due to the different bin sizes, the measured values were weighted with the respective bin width. The absolute difference between the relative frequencies (under trees - in open land) of the two diameter distributions is shown in Figure 5b. It was found that hydrometeors under trees are on average 0.08 mm (18 %) smaller than the hydrometeors measured in open land. The variance of the measured hydrometeors under trees is also 22 % smaller. Overall, the distribution shows a very large surplus of hydrometeors under trees of up to 0.31 mm and a surplus in the open land for all larger diameters. Hydrometeors larger than 2 mm hardly exist in both distributions (Figure 5a). Figure 5c shows the relative frequency of hydrometeors in relation to their fall velocity under trees (green) and in open land (turquoise). In Figure 5d the absolute difference between the relative frequencies (under trees - open land) of the two fall velocity distributions is shown. There is a shift towards smaller fall velocities visible under trees. The mean fall velocity is 0.40 m s^{-1} (19.3 %) lower than in the open land. The hydrometeor fall velocity distribution under trees also shows a significantly lower variance (-37.5 %) compared to the disdrometer in open land. A closer analysis reveals that, similar to the distribution of the hydrometeor diameter, there is a surplus of hydrometeors under trees in the low fall velocity range up to 2 m s^{-1} , a deficit above this value and hardly any hydrometeors measured above a fall velocity of 7 m s^{-1} . The reduced frequency of large hydrometeors (Figure 5a) with high fall velocities (Figure 5b) shows that only few strong convective rain events were observed. On the other hand, it is striking that, in contrast to the diameter distribution, the largest difference in the fall velocity distributions is not in the first bin. On one hand, this can be explained by the fact that tiny and slow hydrometeors are physically rare, as their fall velocities are easily balanced by updrafts. In addition, the slow fall velocity increases the probability that the rain drops completely evaporate on their way to the ground (Marshall and Palmer (1948) and Ulbrich (1983)). The small surplus in the range of very slowly falling hydrometeors for the disdrometer in open land could be explained by the increasing probability of interactions with a leaf at very low fall velocities. Due to the movement of the tree crown in the wind, the leaves only temporarily block the direct path of the hydrometeors to the disdrometer. If the hydrometeors are extremely slow, they are no longer able to pass through the vertical expansion of the leaves in the remaining time and interact with them. The vertical expansion of a leaf is significantly influenced by the angle and geometry of the leaf. This increased filtering of the small and slow hydrometeors would not be given for the open land disdrometer.

Overall, it becomes clear that there is a channeling of the droplets into characteristic, predominantly smaller and slower areas of the hydrometeor diameter and fall velocity spectrum. These findings are generally congruent with the observations of Levia et al. (2017) and Li et al. (2019), even though these papers focused primarily on large hydrometeors, as these are disproportionately involved in the measured throughfall volume and have a significantly greater influence on the biogeochemical processes on the ground.

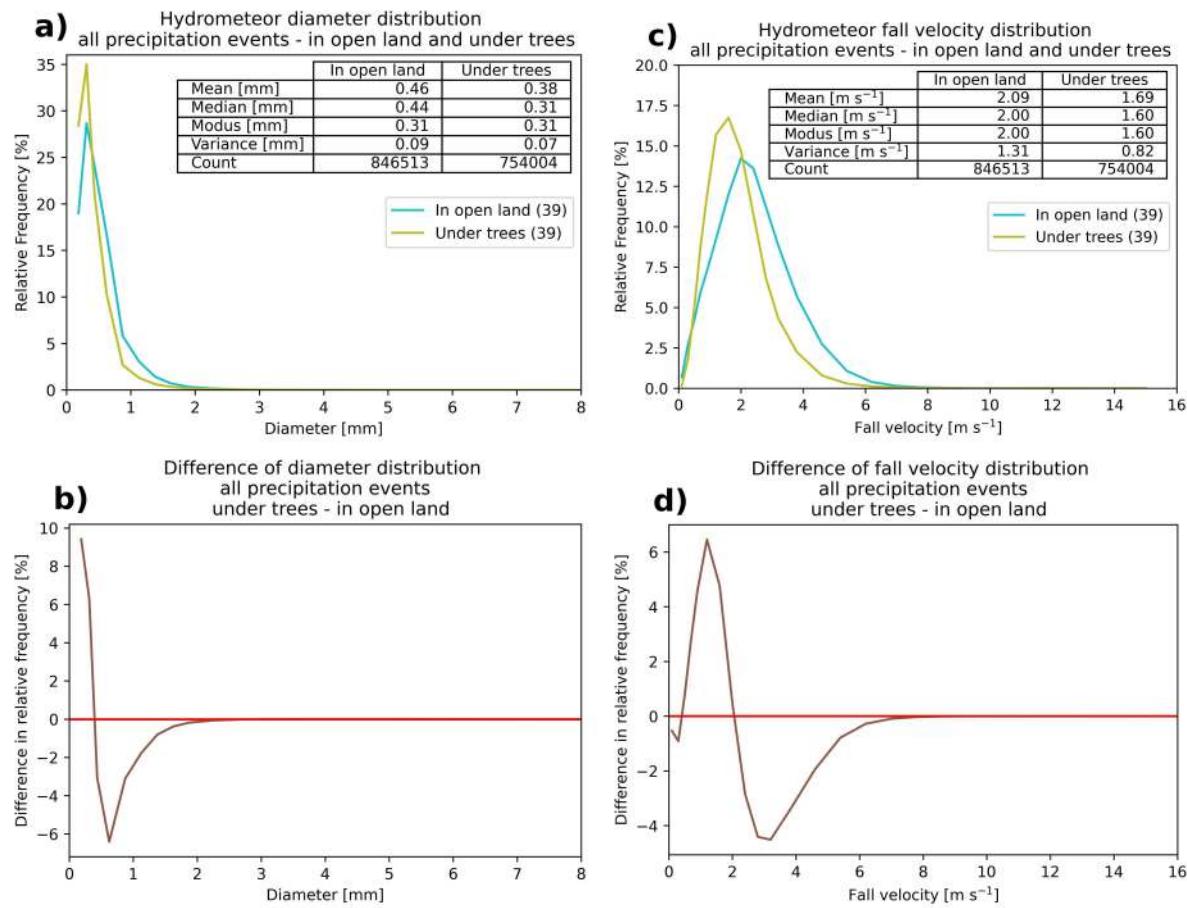


Figure 5: *Hydrometeor diameter distribution (a), absolute differences of relative frequencies of the two hydrometeor diameter distributions (b), hydrometeor fall velocity distribution (c), and absolute differences of relative frequencies of the two hydrometeor fall velocity distributions (d) of all precipitation events combined from the disdrometer under trees (green) and the disdrometer in open land (turquoise).*

5 Summary and outlook

We found that throughfall is strongly correlated with the gross precipitation. In principle, the more precipitation falls, the more canopy throughfall exists. However, with very small amounts of precipitation, depending on the density of the foliage, it can happen that no precipitation at all is measured under the tree. This occurred six times during our measurement campaign. The denser the foliage, the higher the required minimum amount of precipitation, to measure any throughfall at all under the foliage. For precipitation amounts greater than this minimum precipitation amount, the portion of precipitation, that passes through the tree crown follows saturation curves, whose slope is also influenced by the foliage density. The thinner the foliage, the steeper the rise of the saturation curve and the sooner saturation sets in.

During the measurement campaign, there were also some precipitation events during which significantly higher amounts of precipitation were recorded with the disdrometer under trees than with the disdrometer in open land. These events could be explained on the one hand by small-scale variability in the precipitation events, but on the other hand also by the tree canopy structural complexity. The disdrometer could have been located exactly under one of the places where the collected rainwater from the crown falls to the ground. This could also explain why the majority of these events took place under the same tree species (horse chestnut). Overall, the measurement campaign showed that the hydrometeors under trees are on average 18 % smaller and 19 % slower than the hydrometeors recorded at the disdrometer in open land. Furthermore, the variance of the distributions was reduced by 22 % (hydrometeor diameter) and 38 % (fall velocity) due to the foliage. Thus, the canopy caused a channeling into increasingly smaller and slower areas of the fall velocity/diameter distribution. The canopy splash mainly causes these changes.

Finally, this study also shows that some improvements and further research are necessary to complement the findings. The data volume of 39 precipitation events is too small for a statistical analysis. This increases the uncertainties in the results obtained. In order to obtain statistically more robust results, the measurement campaign would need to be repeated over a longer period. Additionally, simultaneous, extensive terrestrial laser scan observations would be helpful, to better distinguish between dense, medium and thin foliage and to determine species-specific differences. Other parameters that influence the amount of precipitation under trees should also be investigated, such as the tree crown geometry and lower edge height or leaf-specific characteristics such as leaf area, leaf angle, leaf geometry, hygroscopicity, and many more. Extended measurements would help to characterize the variability below the tree canopy and surrounding areas and thus, for example, would help to identify areas that receive significantly more precipitation than what would be the case in open land conditions, as precipitation water from different areas of the tree canopy collects there. Therefore, an analysis on a tree species-specific basis with several disdrometers under one tree species would be beneficial. In a broader context, this would allow further conclusions about soil erosion processes and plant physiological characteristics. An extended study could also investigate the influence of tree crowns on snowfall size distributions. Currently, the dependence of meteorological variables is investigated with the data from fall 2022, which is also used in this study. The correlations of wind/gust speeds and relative humidity to the hydrometeor spectrum under trees are currently examined. Independently of that, the data from the Thies disdrometer under trees can also be compared with other precipitation measuring devices. Although the Thies disdrometer shows good agreement with other precipitation measuring devices for typical precipitation diameter and fall velocity distributions (Guyot et al. (2019) and Fehlmann et al. (2020)), as the distribution under trees deviates from this, significant errors can occur in the built-in precipitation type classification. This results in errors when calculating the amount of precipitation, that still need to be quantified.

- Bellot, J., Àvila, A., and Rodrigo, A.: Throughfall and Stemflow, in: Ecology of Mediterranean Evergreen Oak Forests, edited by Rodà, F., Retana, J., Gracia, C. A., and Bellot, J., Ecological Studies, pp. 209–222, Springer, Berlin, Heidelberg, doi:10.1007/978-3-642-58618-7_15, 1999.
- Blume, T., Schneider, L., and Güntner, A.: Comparative analysis of throughfall observations in six different forest stands: Influence of seasons, rainfall- and stand characteristics, *Hydrological Processes*, 36, e14461, doi:10.1002/hyp.14461, 2022.
- Fehlmann, M., Rohrer, M., von Lerber, A., and Stoffel, M.: Automated precipitation monitoring with the Thies disdrometer: biases and ways for improvement, *Atmospheric Measurement Techniques*, 13, 4683–4698, doi:10.5194/amt-13-4683-2020, 2020.
- Guyot, A., Pudashine, J., Protat, A., et al.: Effect of disdrometer type on rain drop size distribution characterisation: a new dataset for south-eastern Australia, *Hydrology and Earth System Sciences*, 23, 4737–4761, doi:10.5194/hess-23-4737-2019, 2019.
- Gómez, J. A., Giráldez, J. V., and Fereres, E.: Rainfall interception by olive trees in relation to leaf area, *Agricultural Water Management*, 49, 65–76, doi:10.1016/S0378-3774(00)00116-5, 2001.
- Hsieh, C.-I., Chiu, C.-J., Huang, I.-H., and Kiely, G.: Estimation of Latent Heat Flux Using a Non-Parametric Method, *Water*, 14, 3474, doi:10.3390/w14213474, number: 21, 2022.
- Levia, D. F., Hudson, S. A., Llorens, P., and Nanko, K.: Throughfall drop size distributions: a review and prospectus for future research, *WIREs Water*, 4, e1225, doi:10.1002/wat2.1225, 2017.
- Li, G., Wan, L., Cui, M., Wu, B., and Zhou, J.: Influence of Canopy Interception and Rainfall Kinetic Energy on Soil Erosion under Forests, *Forests*, 10, 509, doi:10.3390/f10060509, 2019.
- Liu, Z., Wang, Y., Tian, A., et al.: Characteristics of canopy interception and its simulation with a revised Gash model for a larch plantation in the Liupan Mountains, China, *Journal of Forestry Research*, 29, 187–198, doi:10.1007/s11676-017-0407-6, 2018.
- Magliano, P. N., Whitworth-Hulse, J. I., Florio, E. L., Aguirre, E. C., and Blanco, L. J.: Interception loss, throughfall and stemflow by *Larrea divaricata*: The role of rainfall characteristics and plant morphological attributes, *Ecological Research*, 34, 753–764, doi:10.1111/1440-1703.12036, 2019.
- Marshall, J. S. and Palmer, W. M. K.: The distribution of raindrops with size, *Journal of the Atmospheric Sciences*, 5, 165–166, doi:10.1175/1520-0469(1948)005<0165:TDORWS>2.0.CO;2, 1948.
- Nanko, K., Onda, Y., Ito, A., and Moriwaki, H.: Effect of canopy thickness and canopy saturation on the amount and kinetic energy of throughfall: An experimental approach, *Geophysical Research Letters*, 35, doi:10.1029/2007GL033010, 2008.
- Nooraei Beidokhti, A. and Moore, T. L.: The effects of precipitation, tree phenology, leaf area index, and bark characteristics on throughfall rates by urban trees: A meta-data analysis, *Urban Forestry & Urban Greening*, 60, 127 052, doi:10.1016/j.ufug.2021.127052, 2021.
- Sadeghi, S. M. M., Van Stan, J. T., Pypker, T. G., et al.: Importance of transitional leaf states in canopy rainfall partitioning dynamics, *European Journal of Forest Research*, 137, 121–130, doi:10.1007/s10342-017-1098-4, 2018.
- Thies: Laser Niederschlags Monitor Bedienungsanleitung 5.4110.xx.x00 V2.7 STD, Bedienungsanleitung, Adolf Thies GmbH & Co. KG · Hauptstraße 76 · 37083 Göttingen · Germany, URL https://www.thiesclima.com/db/dnl/5.4110.xx.x00_LNM_deu.pdf, last access 22-05-2024, 2022.
- Trosits, A., Kalesse-Los, H., and Foth, A.: Clustering and Random Forest approach in the classification of hydrometeors measured by the Thies Laser Precipitation Monitor, *Wissenschaftliche Mitteilungen aus dem Institut für Meteorologie der Universität Leipzig*, 61, 28, 30–43, URL <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:15-qucosa2-885479>, 2023.
- Ulbrich, C. W.: Natural Variations in the Analytical Form of the Raindrop Size Distribution, *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 22, 1764–1775, doi:10.1175/1520-0450(1983)022<1764:NVITAF>2.0.CO;2, 1983.
- Wilson, K. B., Hanson, P. J., Mulholland, P. J., Baldocchi, D. D., and Wullschleger, S. D.: A comparison of methods for determining forest evapotranspiration and its components: sap-flow, soil water budget, eddy covariance and catchment water balance, *Agricultural and Forest Meteorology*, 106, 153–168, doi:10.1016/S0168-1923(00)00199-4, 2001.
- Xiao, Q. and McPherson, E. G.: Rainfall interception of three trees in Oakland, California, *Urban Ecosystems*, 14, 755–769, doi:10.1007/s11252-011-0192-5, 2011.
- Xiao, Q., McPherson, E. G., Ustin, S. L., Grismer, M. E., and Simpson, J. R.: Winter rainfall interception by two mature open-grown trees in Davis, California, *Hydrological Processes*, 14, 763–784, doi:10.1002/(SICI)1099-1085(200003)14:4<763::AID-HYP971>3.0.CO;2-7, 2000.

Master Thesis Summary:

**Dynamics of Arctic Oscillation in aerosol forcing scenario:
Implication to lapse rate feedback****Al Hajjar, K.**

Summary: The near-surface air temperature increases globally after the year 1880. This increase differs spatially and by season, and is greater over the Arctic during winter than in the rest of the world. The largest contributor to global warming is the anthropogenic emissions of greenhouse gases. Further, the emission of anthropogenic aerosols also significantly impacts the climate. It is estimated that the aerosols have a cooling effect over most of the globe, but they contribute to warming in the Arctic. Beside the global warming, the climate fluctuates naturally. One pattern in the climate variability is known as the Arctic Oscillation. It refers to variations in the atmospheric extratropical circulation in the northern hemisphere. This work contains analysis of the impact of aerosol forcing on the Arctic Oscillation in winter. Using the model output from the Radiative Forcing Model Intercomparison Project (RFMIP), endorsed by the sixth Coupled Model Intercomparison Project (CMIP6), this study investigated the impact of aerosols on the Arctic Oscillation. The results illustrate that the Arctic Oscillation is modified by the aerosol forcing by being more positive and less extreme on average compared to the pre-industrial conditions, especially in the winter. The resulting climate from the impact is a warmer Arctic region and colder regions in the lower latitude. During each of the positive and negative Arctic Oscillation phases, the extreme warm and cold winters have become less extreme over most of the globe, except over the Arctic, where the extremely warm winters have become warmer. The extreme dry winters have become wetter in most of the northern hemisphere. On the other hand, the extremely wet winters have become drier in most regions at the lower latitudes. Additionally, the atmospheric aerosol impacts the eddy-driven jet stream by shifting it southward during the positive phase and northward during the negative phase. Furthermore, the lapse rate feedback is positive over the Arctic and most of central and northern Eurasia and negative over most regions at the lower latitudes. It has a strong negative correlation with the differential atmospheric cooling and has a weak dependence on the lower tropospheric stability. The forcing of other agents also impacts the Arctic Oscillation by making it more positive. The magnitude of the impacts differs by the agent and magnitude of the forcing.

Master Thesis Summary/Zusammenfassung der Masterarbeit:

Can Convective Initiation provide Indicators for Convective Severity?

Bader, N.

Summary:

This thesis assesses the potential of satellite-based information for predicting the severity of convective storms. Satellite-derived cloud properties along storm tracks are analyzed in relation to the subsequently determined severity of these storms. The study examines 28 convective cells from June and July 2021, conducting a correlation analysis to determine the strength and significance of these relationships. Based on the results, linear regression models are developed and verified using an additional 8 cases.

Spectral radiation data from the Spinning Enhanced Visible and Infrared Imager (SEVIRI) aboard the geostationary Meteosat Second Generation (MSG) satellite are utilized to derive dynamical and microphysical cloud-top properties along storm tracks. These properties include cloud-top temperature (CTT), cloud-top cooling (CTC), and cloud-top particle phase. Convective severity is defined using several cloud properties obtained from radar data provided by the Radar Climatology (RADKLIM) of the German Weather Service (DWD) and lightning data from Vaisala. Maximum (Rmax) and mean (Rmean) precipitation intensity are used to measure surface precipitation intensity, as well as to determine precipitation onset and the time of maximum precipitation intensity. Lightning data are used to derive lightning frequency and amplitude as measures of convective severity.

The results reveal significant correlations, which could be enhanced by analyzing a greater number of storm tracks. Notably, the correlation between maximum precipitation intensity and cloud-top cooling (CTC) and glaciation yields promising results, with Pearson-R values of -0.6 and 0.64, respectively, and significant p-values below 0.05. Glaciation, with a mean absolute error (MAE) of 0.24 mm, proves to be a better predictor than CTC, which has an MAE of 0.28 mm. However, predicting the time of maximum precipitation intensity remains challenging due to the lack of a clear relationship in the data.

The maximum lightning amplitude shows a strong correlation with glaciation, with a Pearson-R of -0.88, as the 3.9 μm channel provides valuable spectral information about cloud-top microphysics. Verification results indicate an MAE of 44 kA and a low mean percentage error (MPE) of 48%. However, maximum lightning frequency is not well predicted from pre-convective initiation information, as the correlations lack scientific significance. The time of the first lightning can be predicted reasonably well using glaciation as a predictor, with a Pearson-R of 0.66, indicating a scientifically

comprehensible positive relationship. The prediction of the time of the first lightning has a lead time MAE of 17.7 minutes.

Zusammenfassung der Bachelorarbeit:

**Erprobung einer neuen Methode zur Bestimmung
mineralischer Eiskeime
Haftmann, L.**

Es wurde die Methode, dass AmSulf verwendet werden kann, um in Proben herauszufinden, ob mineralische INP enthalten sind, überprüft.

Das wurde für Proben getestet, die nur Mineralstaub enthalten haben. Die hier verwendeten Mineralstäube waren ATD, Kaolinit und Feldspat. Da konnte man die Änderungen etwas sehen.

Ebenfalls wurde diese Methode mit atmosphärische Proben getestet. Für die CerMir-Proben konnte kein Effekt festgestellt werden. Das hat wahrscheinlich damit zu tun, dass in diesen Proben viel biologisches Material war und so kein Effekt von AmSulf auf Mineralstaub sichtbar wurde.

Für die VRS-Proben wurde das gleiche wie bei den CerMir-Proben festgestellt, sowohl für die Mischproben als auch für die Winterproben. Die Schlussfolgerung daraus ist, dass diese AmSulf-Tests für tatsächliche atmosphärische Proben (CerMir und VRS) nicht funktionieren.

Auf dem Cerro Mirador (Punta Arenas) und in Nord Grönland (Villum Research Station, VRS) wurde das ganze Jahr über ein hoher Anteil an INP gefunden, die durch Hitze zerstört werden konnten. Es gibt demzufolge ebenfalls im Winter in der Arktis noch biogene bzw. organische INP. Daher wird es schwierig diese Methode mit AmSulf auf atmosphärische Proben anzuwenden.

Schlussfolgernd wurde erkannt, dass diese Methode bei atmosphärischen Proben wegen des dort allzeit vorhandenen biogenen Anteils nicht funktioniert. Bis -20 °C, was dem hier verwendeten Messbereich entspricht, ist diese Methode schwierig anzuwenden, da INP für höhere Temperaturen biogen sind. Demzufolge ist der gewünschte Effekt nicht aufgetreten, da minerale INPs oberhalb von -20 °C bei atmosphärischen Proben nicht zu erwarten sind.

Ein weiteres Ergebnis ist, dass AmSulf die biogenen INP manchmal ähnlich zerstört wie das Ausheizen.

Master Thesis Summary

Derivation of particle size and liquid water fraction of Arctic snow surfaces from airborne measurements**Lange, C.**

Summary: Snow plays a crucial role in the planetary radiation budget due to its high surface albedo and large coverage, especially in the Arctic. Observations of snow surface properties help to understand seasonal evolution and the effects of climate change. While there are numerous methods to measure the grain size and the amount of liquid water contained in a snow pack on the ground, there are only few remote sensing methods available. Some approaches using satellite measurements have been introduced, but they are heavily influenced by cloud cover and atmospherical conditions. Hence, airborne measurements seem to be a good compromise between accuracy, spatial and temporal resolution and coverage. However, there are no commonly used airborne measuring techniques that would allow to derive the spatial distribution of grain size and liquid water fraction of an observed snow surface. Therefore, the aim of this thesis is to modify an approach introduced by Green et al., 2002, which is based on different absorption indices of pure ice and liquid water, to retrieve liquid water fraction and snow grain size. The approach is applied to data from the Arctic Cloud Observations Using airborne measurements during polar Day (ACLOUD) field campaign performed in May/June 2017.

The spatial distribution of the liquid water fraction and the effective radius of snow surfaces were derived for eleven cloudless flight sections. This was done by comparing reflectance spectra calculated from airborne measurements to simulated Look-up-Tables.

The derived effective radii were between 100 and 500 µm and the derived liquid water fractions in the range of 10 to 20%. The uncertainty of the approach showed to be very high (50% and above) due to multiple uncertainty sources in the measurement setup as well as in the input parameters for the simulation. Nevertheless, the resulting maps contained information on development, homogeneity and magnitude of effective radius and liquid water fraction in Arctic snow surfaces. Hence, the approach can give valuable insight in snow surface metamorphism, especially if uncertainty sources are minimised in the future.

The approach was refined further and results were published together with results from the Master Thesis of Sophie Rosenburg as “Retrieval of snow layer and melt pond properties on Arctic sea ice from airborne imaging spectrometer observations” in the AMT journal in 2023 (doi.org/10.5194/amt-16-3915-2023).

Zusammenfassung der Bachelorarbeit:

Welchen Einfluss haben Aerosole von Vulkanausbrüchen und Waldbränden auf das Auftreten von Zirruswolken?

Themel, P.

Zusammenfassung:

Diese Bachelorarbeit untersucht den Einfluss von Aerosolen aus Vulkanausbrüchen und Waldbränden auf das Auftreten von Zirruswolken. Die Untersuchung basiert auf Daten des CALIPSO-Satelliten und konzentriert sich auf spezifische Ereignisse wie die Vulkanausbrüche von Chaitén, Kasatochi, Sarychev, Puyehue-Cordón Caulle, Nabro, Kelud und Hunga Tonga-Hunga Ha'apai sowie die Waldbrände in Kanada im Sommer 2014, die Black Summer Buschfeuer 2019/2020 in Australien und die russischen Waldbrände im Sommer 2021. Zur Analyse der Einflüsse wurden die Anomalien des Zirrusbedeckungsgrades im Vergleich zum Mittelwert der Jahre 2007 bis 2022 genutzt. Diese Anomalien wurden in den Abwindbereichen der Ereignisse in den 12 Monaten vor und nach dem Ereignis untersucht und auf statistische Signifikanz geprüft. Die Ergebnisse zeigen, dass Vulkanausbrüche tendenziell zu einer Reduktion der Zirrusbedeckung führen, wobei die Stärke und Dauer dieser Veränderungen variieren. Waldbrände hingegen verursachen eine Erhöhung der Zirrusbedeckung. Obwohl viele der beobachteten Veränderungen statistisch nicht signifikant sind, deuten die Daten darauf hin, dass vulkanische Aerosole eine kühlende Wirkung haben könnten, indem sie die Zirrusbewölkung verringern. Waldbrände hingegen könnten durch die Erhöhung der Zirruswolkenbildung zur globalen Erwärmung beitragen. Dies könnte wiederum zu einer Zunahme der Waldbrandhäufigkeit führen, da wärmere und trockenere Bedingungen häufiger auftreten.

Bachelor Thesis Summary / Zusammenfassung der Bachelorarbeit:

Characterization of throughfall below different tree species

Charakterisierung des Kronendurchlass und durchfallenden Niederschlags unter verschiedenen Baumarten

Urban, J.

Summary: The bachelor thesis was included as a detailed LIM article in the current volume. The text was adopted from this.

Tree canopy interaction with precipitation is composed of three components: stemflow, interception, and throughfall. Stemflow describes the precipitation that falls onto the leaves and branches of the tree and is channeled to the stem, on which it flows down to the ground. Interception on the other hand describes the fraction of precipitation that remains on the leaves and evaporates from there. However, part of the precipitation also reaches the ground, either by splashing and dripping of the leaves or by falling through the canopy without any interaction. All these types of precipitation below a tree's canopy combined are called throughfall. It is important to characterize throughfall as it influences both the water balance of the respective tree and surrounding soil as well as the fluxes of latent and sensible heat above the canopy. To characterize the precipitation throughfall under different tree species, disdrometer measurements were carried out at the MyDiv experiment in fall 2022 in Bad Lauchstädt for six weeks. One optical Thies laser disdrometer was set up in the open field and a second one in a series of monoculture plots of tree communities. The tree species were subdivided into trees with thin, medium, and dense foliage density. After several precipitation events, the disdrometer below canopy was moved to a different monoculture plot. This was repeated seven times until the end of the measurement campaign. During the measurement campaign, a total of 39 precipitation events at which the second distrometer was located underneath seven different tree species, were measured. Before the actual analysis, a filtering mechanism was applied due to interference signals in the data.

In the analysis of the bachelor thesis, it was found that throughfall is strongly correlated with the gross precipitation. In principle, the more precipitation falls, the more canopy throughfall exists. However, with very small amounts of precipitation, depending on the density of the foliage, it can happen that no precipitation at all is measured under the tree. This occurred six times during the measurement campaign. The denser the foliage, the higher the required minimum amount of precipitation, to measure any throughfall at all under the foliage. For precipitation amounts greater than this minimum precipitation amount, the portion of precipitation, that passes through the tree crown follows saturation curves, whose slope is also influenced by the foliage density. The thinner the foliage, the steeper the rise of the saturation curve and the sooner saturation sets in. During the measurement campaign, there were also some precipitation events during which significantly higher amounts of precipitation were recorded with the disdrometer under trees than with the disdrometer in open land. These events could be explained on one hand by small-scale variability in the precipitation events, but on the other hand also by the tree canopy structural complexity. The disdrometer could have been located exactly under one of the places where the collected rainwater from the crown falls to the ground.

This could also explain why the majority of these events took place under the same tree species. Furthermore, the bachelor thesis showed that temperature as a meteorological parameter has no significant influence on the amount of precipitation or the number of hydrometeors below the tree canopy. Similarly, no correlation could be established between the ratio (under trees/undisturbed) of the average values of the diameter and fall velocity spectra of the recorded hydrometeors. Overall, the measurement campaign showed that the hydrometeors under trees are on average 18 % smaller and 19 % slower than the hydrometeors recorded at the disdrometer in open land. Furthermore, the variance of the distributions was reduced by 22 % (hydrometeor diameter) and 38 % (fall velocity) due to the foliage. Thus, the canopy caused a channeling into increasingly smaller and slower areas of the fall velocity/diameter distribution. The thicker the foliage, the greater the decrease in fall velocity and hydrometeor diameter. The canopy splash mainly causes these changes. However, other effects, such as precipitation falling directly and unhindered through the leaf canopy or the accumulation of precipitation on the leaves before dripping down, could also be detected in the spectra. Statements regarding the influence of the amount or intensity of precipitation on the distributions are only possible to a limited extent, as there is a high correlation between the size and fall velocity distribution under trees with the distributions of the distrometer in open field, which might be explained by a large portion of drops falling unhindered through the canopy. It can just be assumed that a high precipitation intensity reduces the occurrence probability of large hydrometeors ($>1\text{ mm}$) and increases the probability of small hydrometeors ($<0.5\text{ mm}$). In addition, the fall velocity spectrum shows that there are more slower hydrometeors ($<1.5\text{ m s}^{-1}$) and fewer fast hydrometeors ($>4\text{ m s}^{-1}$) at high precipitation intensity rates.

Finally, the bachelor thesis concludes that some improvements and further research are necessary to complement the findings. The data volume of 39 precipitation events is small for a statistical analysis. This increases the uncertainties in the results obtained. In order to obtain statistically more robust results, the measurement campaign would need to be repeated over a longer period. Additionally, simultaneous, extensive terrestrial laser scan observations would be helpful, to better distinguish between dense, medium and thin foliage and to determine species-specific differences. Other parameters that influence the amount of precipitation under trees should also be investigated, such as the tree crown geometry and lower edge height or leaf-specific characteristics such as leaf area, leaf angle, leaf geometry, hygroscopicity, and many more. Extended measurements would help to characterize the variability below the tree canopy and surrounding areas and thus, for example, would help to identify areas that receive significantly more precipitation than what would be the case in open land conditions, as precipitation water from different areas of the tree canopy collects there. Therefore, an analysis on a tree species-specific basis with several disdrometers under one tree species would be beneficial. In a broader context, this would allow further conclusions about soil erosion processes and plant physiological characteristics. An extended study could also investigate the influence of tree crowns on snowfall size distributions. Independently of that, the data from the Thies disdrometer under trees can also be compared with other precipitation measuring devices. Although the Thies disdrometer shows good agreement with other precipitation measuring devices for typical precipitation diameter and fall velocity distribution, as the distribution under trees deviates from this, significant errors can occur in the built-in precipitation type classification. This results in errors when calculating the amount of precipitation, that still need to be quantified.

Zusammenfassung: Die Bachelorarbeit wurde als ausführlicher LIM-Artikel in den aktuellen Band aufgenommen. Von diesem erfolgte eine Textübernahme.

Die Interaktion von Baumkronen mit dem Niederschlag setzt sich hauptsächlich aus drei Komponenten zusammen: Stammabfluss, Interzeption und Kronendurchlass. Der Stammabfluss beschreibt den Niederschlag, der auf die Blätter und Äste des Baumes fällt und zum Stamm geleitet wird, von wo aus er zum Boden abfließt. Die Interzeption hingegen beschreibt den Teil des Niederschlags, der auf den Blättern verbleibt und von dort verdunstet. Ein Teil des Niederschlags erreicht jedoch auch den Boden. Geschieht dies durch Aufplatzen auf, oder Abtropfen von Blättern nennt man dies Kronendurchlass. Fällt der Niederschlag ohne jegliche Interaktion durch das Kronendach, spricht man vom durchfallenden Niederschlag. Es ist wichtig, den Kronendurchlass und durchfallenden Niederschlag zu charakterisieren, da er sowohl den Wasserhaushalt des jeweiligen Baumes und des umgebenden Bodens als auch die Flüsse latenter und fühlbarer Wärme oberhalb der Baumkrone beeinflusst. Um den Kronendurchlass und durchfallenden Niederschlag unter verschiedenen Baumarten zu charakterisieren, wurden im Herbst 2022 auf dem Gelände des MyDiv-Experiments in Bad Lauchstädt über sechs Wochen lang Distrometermessungen durchgeführt. Dabei wurde ein optisches Thies Laser Distrometer unter freiem Himmel und ein zweites in eine Reihe von Monokulturparzellen gestellt. Die Baumarten wurden in Bäume mit dünner, mittlerer und dichter Belaubung eingeteilt. Nach mehreren Niederschlagsereignissen wurde das zweite Distrometer von einer Monokulturparzelle in eine andere Monokulturparzelle versetzt. Dies wurde bis zum Ende der Messkampagne insgesamt siebenmal wiederholt. Während der Messkampagne wurden 39 Niederschlagsereignisse gemessen, bei denen sich das zweite Distrometer unter sieben verschiedenen Laubbaumarten befand. Vor der eigentlichen Auswertung wurde aufgrund von Störsignalen in den Daten ein selbst entwickelter Filtermechanismus angewendet. Bei der Auswertung der Daten wurde herausgefunden, dass der Kronendurchlass und durchfallende Niederschlag stark mit dem Niederschlag unter freiem Himmel korreliert ist. Grundsätzlich gilt: Je mehr Niederschlag fällt, desto mehr Kronendurchlass und durchfallender Niederschlag ist vorhanden. Bei sehr geringen Niederschlagsmengen kann es jedoch je nach Dichte des Kronendachs vorkommen, dass gar kein Niederschlag unter dem Baum gemessen wird. Dies ist während der Messkampagne sechsmal vorgekommen. Je dichter die Belaubung ist, desto höher ist die erforderliche Mindestniederschlagsmenge, um überhaupt einen Kronendurchlass und durchfallenden Niederschlag unter der Baumkrone zu messen. Bei Niederschlagsmengen, die über dieser Mindestniederschlagsmenge liegen, folgt der Anteil des Niederschlags, der die Baumkrone durchdringt, Sättigungskurven, deren Steigung ebenfalls von der Belaubungsstärke beeinflusst wird. Je dünner die Belaubung ist, desto steiler steigt die Sättigungskurve an und desto schneller setzt die Sättigung ein. Während der Messkampagne gab es auch einige Niederschlagsereignisse, bei denen mit dem Distrometer unter Bäumen deutlich höhere Niederschlagsmengen gemessen wurden als bei dem Distrometer unter freiem Himmel. Diese Ereignisse könnten einerseits durch die kleinräumige Variabilität der Niederschlagsereignisse, andererseits aber auch durch die strukturelle Komplexität der Baumkronen erklärt werden. Das Distrometer könnte sich genau unter einer der Stellen befinden haben, an denen das gesammelte Niederschlagswasser von der Baumkrone auf den Boden fällt. Dies könnte auch erklären, warum die meisten dieser Ereignisse unter ein und demselben Baumart stattfanden. Darüber hinaus zeigte die Bachelorarbeit,

dass die Temperatur als meteorologischer Parameter keinen signifikanten Einfluss auf die Niederschlagsmenge oder die Anzahl der Hydrometeore unterhalb der Baumkronen hat. Ebenso konnte keine Korrelation zwischen dem Verhältnis (unter Bäumen/unter freiem Himmel) der Mittelwerte der Durchmesser- und Fallgeschwindigkeitsspektren der registrierten Hydrometeore festgestellt werden. Insgesamt zeigte die Messkampagne jedoch, dass die Hydrometeore unter Bäumen im Durchschnitt 18 % kleiner und 19 % langsamer sind als die am Distrometer unter freiem Himmel gemessenen Hydrometeore. Darüber hinaus wurde die Varianz der Verteilungen durch die Baumkrone um 22 % (Hydrometeordurchmesser) und 38 % (Fallgeschwindigkeit) verringert. Somit bewirkte die Baumkrone eine Kanalisierung in kleinere und langsamere Bereiche der Verteilung von Hydrometeorfallgeschwindigkeit und Hydrometeordurchmesser. Dabei konnte gezeigt werden, dass je dichter das Blätterdach war, desto größer war die Abnahme der Hydrometeorfallgeschwindigkeit und des Hydrometeordurchmessers. Diese Veränderungen werden hauptsächlich durch das Aufplatzen von Tropfen auf den Blättern verursacht. Aber auch andere Effekte, wie direkt und ungehindert durch das Blätterdach fallender Niederschlag oder die Akkumulation von Niederschlag auf den Blättern vor dem Herabtropfen, konnten in den Spektren nachgewiesen werden. Aussagen über den Einfluss der Niederschlagsmenge bzw. -intensität auf die Verteilungen sind dagegen nur bedingt möglich, da eine hohe Korrelation zwischen der Hydrometeordurchmesser- und Hydrometeorfallgeschwindigkeitsverteilung unter Bäumen mit den entsprechenden Verteilungen des Distrometers unter freiem Himmel besteht, was durch einen großen Anteil von Tropfen, die ungehindert durch das Kronendach fallen, erklärt werden könnte. Es kann daher nur vermutet werden, dass eine hohe Niederschlagsintensität die Auftretenswahrscheinlichkeit von großen Hydrometeoren ($>1 \text{ mm}$) verringert und die Wahrscheinlichkeit von kleinen Hydrometeoren ($<0,5 \text{ mm}$) erhöht. Außerdem zeigt das Hydrometeorfallgeschwindigkeitsspektrum, dass es bei hohen Niederschlagsintensitäten mehr langsamere Hydrometeore ($<1,5 \text{ m s}^{-1}$) und weniger schnelle Hydrometeore ($>4 \text{ m s}^{-1}$) gibt.

Abschließend kommt die Bachelorarbeit zu dem Schluss, dass einige Verbesserungen und weitere Forschung notwendig sind, um die Ergebnisse zu komplementieren. Die Datenmenge von 39 Niederschlagsereignissen ist für eine statistische Auswertung gering. Dies erhöht die Unsicherheiten in den erhaltenen Ergebnissen. Um statistisch belastbarere Ergebnisse zu erhalten, müsste die Messkampagne über einen längeren Zeitraum wiederholt werden. Außerdem wären gleichzeitige, umfangreiche terrestrische Laserscan-Beobachtungen hilfreich, um besser zwischen dichter, mittlerer und dünner Belaubungsstärke zu unterscheiden und baumartspezifische Unterschiede zu ermitteln. Auch andere Parameter, die die Niederschlagsmenge unter Bäumen beeinflussen, sollten untersucht werden, wie z.B. die Kronengeometrie und die Baumkronenuntergrenze oder blattspezifische Merkmale wie Blattfläche, Blattwinkel, Blattgeometrie, Hygroskopizität und vieles mehr. Ausgedehnte Messungen würden dazu beitragen, die Variabilität unter der Baumkrone und den umgebenden Flächen zu charakterisieren und so z.B. Bereiche zu identifizieren, die deutlich mehr Niederschlag erhalten als dies unter freiem Himmel der Fall wäre, da sich dort Niederschlagswasser aus verschiedenen Bereichen der Baumkrone sammelt. Daher wäre eine baumartenspezifische Analyse mit mehreren Distrometern unter einer Baumart von Vorteil. In einem breiteren Kontext würde dies weitere Schlussfolgerungen über Bodenerosionsprozesse und pflanzenphysiologische Merkmale

ermöglichen. In einer erweiterten Studie könnte auch der Einfluss von Baumkronen auf die Schnefallgrößenverteilung untersucht werden. Unabhängig davon können die Daten des Thies Distrometers unter Bäumen auch mit anderen Niederschlagsmessgeräten verglichen werden. Zwar zeigt das Thies Disdrometer bei typischen Hydrometeordurchmesserr- und Fallgeschwindigkeitsverteilungen eine gute Übereinstimmung mit anderen Nieder- schlagsmessgeräten, da die Verteilung unter Bäumen jedoch davon abweicht, kann es zu erheblichen Fehlern bei der eingebauten Niederschlagsartenklassifizierung kommen. Dies führt zu Fehlern bei der Berechnung der Niederschlagsmenge, die noch quantifiziert werden müssen.

Forschungsbericht 2023
Bearbeitete Forschungsprojekte**Institut für Meteorologie**

Allgemeine Meteorologie; Manfred Wendisch
AG Atmosphärische Strahlung

Koordination des Schwerpunktprogramms 1294 "Atmosphären- und Erdsystemforschung mit dem Forschungsflugzeug HALO (High Altitude and Long Range Research Aircraft)"
HALO coordination project

Schlagworte: flugzeuggetragene Forschung

Projektleiter: M. Wendisch (m.wendisch@uni-leipzig.de)

Professor Dr. Joachim Curtius, Goethe-Universität Frankfurt am Main, Institut für Atmosphäre und Umwelt

Projektmitarbeiter: Anja Schwarz, Jörg Schmidt, Mareike Heckl

Projektbeginn: 2010

Projektende: 2027

Beschreibung

Das Ziel des Antrages ist die zentrale Koordination des SPP 1294 'Atmosphären- und Erdsystemforschung mit HALO' (HALO: High Altitude and Long Range Research Aircraft, Hochfliegendes und weitreichendes Forschungsflugzeug). Das Projekt dient der Förderung der Zusammenarbeit und Kommunikation innerhalb der HALO Missionsteams und den individuellen Projektpartnern, die im SPP eingebunden sind. Die drei Koordinatoren (M. Wendisch, Universität Leipzig; J. Curtius, Universität Frankfurt am Main; M. Scheinert, Technische Universität Dresden) vertreten den SPP gegenüber der DFG, dem Wissenschaftlichen Lenkungsausschuss (WLA) für HALO, dem HALO Projektteam des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR-FX) und der Öffentlichkeit. Der DFG-Anteil an den Missionskosten wird an der Universität Leipzig zentral verwaltet. Die Finanzmittel für Maßnahmen zur Förderung der Gleichstellung werden verwaltet, und die Ausbildung der jungen Wissenschaftler wird koordiniert. Monatliche Telefonkonferenzen der drei Koordinatoren, jährlich Statusseminare und thematische Workshops werden organisiert. Spezielle Sitzungen auf internationalen Konferenzen und Veröffentlichungen von Spezialausgaben in internationalen Zeitschriften werden initiiert und befördert. Die SPP Internet-Seite wird überarbeitet, fortlaufend aktualisiert und gewartet. Um die Arbeit der Koordinatoren zu unterstützen, werden eine halbe Position eines Wissenschaftlichen Administrators und eine Stelle für einen HALO Nutzerkoordinator beantragt.

Description

The goal of this proposal is the central coordination of the SPP 1294 'Atmospheric and Earth System Research with HALO' (HALO: High Altitude and Long Range Research Aircraft). The project

serves the promotion of cooperation and communication among the HALO mission teams and the individual project participants involved in the SPP. The three coordinators (M. Wendisch, University of Leipzig; J.Curtius, University of Frankfurt am Main; M. Scheinert, Dresden University of Technology) represent the SPP at the DFG, the scientific steering committee of HALO (WLA: Wissenschaftlicher Lenkungsausschuss), the HALO project team of the German Aerospace Center (DLR-FX), and the public. The DFG share of the mission costs will be centrally administered by the University of Leipzig. The funds for measures to promote gender equality are managed, and the training of young researchers is coordinated. Monthly teleconferences of the three coordinators, annual status seminars, and topical workshops will be organized. Special sessions at international conferences and publications of special issues are initiated and pursued. The SPP web page will be revised, continuously updated, and maintained. To support the three coordinators in conducting these tasks, funding of a half-time position of a Scientific Administrator and a HALO User Coordinator is applied for.

Mittelgeber: DFG WE 1900/24-1, Projekt number 179953493 and Projekt number 316646266

Kampagnenantrag für die HALO-(AC)³ Mission: Arktische Luftmassentransformationen während WarmlufteinSchüben und Kaltluftausbrüchen

Umbrella Proposal for the HALO-(AC)³ Mission: Arctic Air-Mass Transformations During Warm Air Intrusions and Marine Cold Air Outbreaks

Schlagworte: flugzeuggetragene Forschung

Projektleiter: M. Wendisch (m.wendisch@uni-leipzig.de)

Projektmitarbeiter: N.N.

Projektbeginn: 2020

Projektende: 2023

Beschreibung

Das Ziel des Antrages ist die zentrale Koordination des SPP 1294 'Atmosphären- und Erdsystemforschung mit HALO' (HALO: HighAltitude and Long Range Research Aircraft, Hochfliegendes und weitreichendes Forschungsflugzeug). Das Projekt dient der Förderung der Zusammenarbeit und Kommunikation innerhalb der HALO Missionsteams und den individuellen Projektpartnern, die im SPP eingebunden sind. Die drei Koordinatoren (M. Wendisch, Universität Leipzig; J. Curtius, Universität Frankfurt am Main; M. Scheinert, Technische Universität Dresden) vertreten den SPP gegenüber der DFG, dem Wissenschaftlichen Lenkungsausschuss (WLA) für HALO, dem HALO Projektteam des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR-FX) und der Öffentlichkeit. Der DFG-Anteil an den Missionskosten wird an der Universität Leipzig zentral verwaltet. Die Finanzmittel für Maßnahmen zur Förderung der Gleichstellung werden verwaltet, und die Ausbildung der jungen Wissenschaftler wird koordiniert. Monatliche Telefonkonferenzen der drei Koordinatoren, jährlich Statusseminare und thematische Workshops werden organisiert. Spezielle Sitzungen auf internationalen Konferenzen und Veröffentlichungen von Spezialausgaben in internationalen Zeitschriften werden initiiert und befördert. Die SPP Internet-Seite wird überarbeitet, fortlaufend aktualisiert und gewartet. Um die Arbeit der Koordinatoren zu

unterstützen, werden eine halbe Position eines Wissenschaftlichen Administrators und eine Stelle für einen HALO Nutzerkoordinator beantragt.

Description

So far, observations of air-mass transformations in the Arctic have mostly been conducted from a fixed local position. Only few aircraft-based samplings of air-mass properties over a limited regional area have been reported. This Eulerian point of view does not permit the observations of air-mass modifying processes along their meridional pathway, which are required for model validations. Therefore, we propose a quasi-Lagrange approach following air-masses to and from the Arctic to observe the air-mass transformation processes during warm air intrusions and cold air outbreaks, whereby we focus on warm air intrusions, which have been observed much less frequently in the past. This quasi-Lagrange approach requires a long-endurance airborne facility, which may carry the necessary equipment for the observations. HALO with its exceptional endurance and high lifting capacity is most suited for these observations.

Mittelgeber: DFG Projekt number 442647689

Einfluss der Eiskristallform auf den Strahlungseffekt von arktischen Zirren: Messungen und Repräsentation in numerischen Wettervorhersagemodellen

Influence of the ice crystal shape on radiative effects of Arctic cirrus: Observations and representation in numerical weather prediction models

Schlagworte: flugzeuggetragene Messungen, Wolken, Strahlungsantrieb, Zirren

Projektleiter: M. Wendisch (m.wendisch@uni-leipzig.de)

Projektmitarbeiter: Johannes Röttenbacher

Projektbeginn: 2021

Projektende: 2024

Beschreibung

Flugzeuggetragenen Messungen der solaren und thermisch-infraroten atmosphärischen Strahlung sollen verwendet werden, um den Strahlungseffekt von Zirren in hohen Breiten zu quantifizieren und dessen Repräsentation in numerische Wettervorhersagemodellen zu evaluieren. Diese Zielstellung basierend auf den Erkenntnissen des vorangegangenen Projektes, in dem eine hohe Sensitivität des Strahlungsschemas im ECMWF Integrated Forecast System (IFS) bezüglich der Parametrisierung der Strahlungseigenschaften von Eiskristallen nachgewiesen werden konnte. Für arktischen Cirrus muss diese Analyse auf das Strahlungsbudget im thermisch-infraroten Wellenlängenbereich erweitert werden, da in der Arktis (Polarnacht), die solare Strahlung einen geringen bis nicht-vorhanden Anteil am Energiebudget ausmacht. Das Projekt ist in den HALO Missionen Cirrus-HL (High Latitude) und HALO-(AC)³ (Arctic Amplification: Climate Relevant Atmospheric and SurfaCe Processes, and Feedback Mechanisms) eingebunden. Beide Missionen nutzen das Forschungsflugzeug HALO, um arktische Wolken mit neuesten aktiven und passiven Fernerkundungsmethoden sowie in situ Messungen der Wolkeneigenschaften zu charakterisieren. In diesem Projekt werden Messungen der von den Wolken reflektierten solaren und der emittierten thermisch-infraroten Strahlung durchgeführt. Dazu wird ein neues breitbandiges

Radiometersystem, ein spektrales Albedometer und ein abbildendes Infrarotkamera verwendet, um das Strahlungsbudget oberhalb und unterhalb der Zirren zu quantifizieren. Basierend auf diesen Messungen, wird der Strahlungseffekt der Zirren berechnet und in Abhängigkeit der Wolkeneigenschaften analysiert. Besonders wird hier untersucht, in wie weit sich typisch arktische Randbedingungen wie das reflektierende Meereis und langlebige niedrige Wolken auf den Strahlungseinfluss der Zirren auswirken. Des Weiteren wird untersucht, wie diese Strahlungseffekte von arktischen Zirren in numerischen Wettervorhersagemodellen repräsentiert werden. Dazu werden die im Modell vorhergesagten Strahlungseffekte mit den Messungen verglichen. In mehreren Schritten, werden Strahlungstransfermodellen mit unterschiedlichen Parametrisierungen der Strahlungseigenschaften von Eiskristall verwendet, um die Unsicherheiten in Bezug auf das Strahlungsschema und die prognostizierten Wolkeneigenschaften zu separieren.

Description

Based on the sensitivity of the ECMWF radiation scheme to the parametrization of ice crystal radiative properties observed in the completed project for ice clouds in mid-latitudes, the continuation of the project aims to extend this model evaluation for the radiative effects of cirrus in high-latitudes. For Arctic cirrus, the analysis needs to be extended to the thermal-infrared radiation budget, which dominates due to the lag of solar radiation and depends on cloud altitude, thickness and ice crystal properties. Therefore, the project is embedded in the proposed HALO missions Cirrus-HL (High Latitude) and HALO-(AC)³ (Arctic Amplification: Climate Relevant Atmospheric and SurfaCe Processes, and Feedback Mechanisms), which both aim to investigate Arctic clouds by state of the art airborne remote sensing (active and passive) and cloud microphysical in situ observations. Within this project, measurements of the cloud-reflected solar and emitted thermal infrared radiance and irradiance with a new broadband radiometer system, a spectral albedometer, and a thermalinfrared imager are proposed to quantify the radiative energy budget above and below Arctic cirrus. Based on the observations, the cirrus radiative effect will be derived and evaluated with respect to its dependence on cloud macrophysical and microphysical properties, and the special Arctic environment (sea ice, persistent low clouds). We will evaluate how well the cirrus and their radiative effects are represented in numerical weather prediction models. The comparison will be performed in the observational space of irradiances and radiances instead of cloud properties. Therefore, the output of the numerical weather prediction (NWP) models will be converted by radiative transfer models into the observed radiation quantities. Operational and experimental radiation schemes will be tested and compared to the observed radiation quantities to identify the reasons of potential differences between model and observation. The airborne observations and the radiative transfer simulations will be used to corroborate the hypothesis: "The radiative effects of Arctic cirrus, which significantly depend on their macrophysical and microphysical properties such as the ice crystal shape, can be used to validate numerical weather prediction models." To address this hypothesis, the proposed study will focus on five specific science questions: (A) How variable are the radiative effects by Arctic cirrus on different horizontal scales (e.g., contrail cirrus, cirrus in air mass transformation)? (B) How strong the radiative effects depend on the presence of sea ice and low clouds? (C) Do observed ice crystal shapes of Arctic cirrus lead to a significant change of cloud radiative effects? (D) Do NWP models realistically represent the radiative effects of Arctic cirrus? (E) Can we use spectral solar and thermal-infrared radiation measurements to constrain potential uncertainties of NWP models?

Mittelgeber: DFG, SPP 1294, Projekt number 316500630

SFB/Transregio 172 „Arktische Verstärkung“
Zentrale Dienstleistungen, Verwaltung und Koordinierung (Z01)
Central services, administration and coordination (Z01)

Schlagworte: Arktis

Projektleiter:

M. Wendisch (m.wendisch@uni-leipzig.de)

Prof. Dr. Susanne Crewell, Universität zu Köln, Institut für Geophysik und Meteorologie

Prof. Dr. Justus Notholt, Universität Bremen, Institut für Umweltphysik

Projektmitarbeiterin: Dr. Marlen Brückner

Projektbeginn: 2016

Projektende: 2027

Beschreibung

Innerhalb des TR 172 Antrages werden Mittel für die zentrale Koordinierung beantragt. Dieses Teilprojekt dient dazu, die Kooperationen und Kommunikation im Verbund unter den einzelnen wissenschaftlichen Projekten und Clustern zu fördern. Aus diesem Grund werden monatliche Videokonferenzen, halbjährliche Meetings, jährliche wissenschaftliche Konferenzen, als auch spezielle Workshops organisiert und durchgeführt. Die Mittel für Gleichstellungsmaßnahmen werden dazu verwendet um junge Wissenschaftler/innen in Zusammenarbeit mit lokalen Graduiertenschulen zu trainieren. Die internationale Präsenz des TR 172 wird etabliert. Eine Internetseite wird erstellt und implementiert. Die logistische Organisation und wissenschaftliche Planung von intensiven Messkampagnen innerhalb des TR 172 werden durch das Projekt Z01 unterstützt. Öffentlichkeitsarbeit zwischen den verschiedenen Partnern wird organisiert und koordiniert.

Description

Funds for the central coordination of TR 172 are requested within this proposal. The project serves the promotion of cooperation and communication among the individual scientific projects and clusters. Monthly video conferences, biannual general assemblies, annual scientific conferences, as well as topical workshops will be organized and conducted. The funds for measures to promote gender equality are managed the training of young researchers is coordinated, in collaboration with local graduate schools. The international visibility of TR 172 will be fostered. A web page will be set up and maintained. The logistic organization and scientific planning of the extensive observational campaigns within TR 172 will be supported by project Z01. Public outreach activities will be organized and coordinated between the different partners.

Mittelgeber: DFG, TRR 172, Projekt number 268020496

SFB/Transregio 172 „Arktische Verstärkung“
Modul integriertes Graduiertenkolleg (MGK*)
Integrated Research Training Group (MGK*)

Schlagworte: Arktis

Projektleiter:

M. Wendisch (m.wendisch@uni-leipzig.de)

Prof. Dr. Susanne Crewell, Universität zu Köln, Institut für Geophysik und Meteorologie

Prof. Dr. Justus Notholt, Universität Bremen, Institut für Umweltphysik

Projektmitarbeiterin: Dr. Marlen Brückner

Projektbeginn: 2020

Projektende: 2027

Beschreibung

Ziel des Projektes ist es eine Integrated Research Training Group (IRTG) innerhalb von (AC) 3 einzurichten, um junge Forscher (Doktoranden und Postdocs) bei der Entwicklung ihrer wissenschaftlichen Unabhängigkeit zu unterstützen und sie auf den Arbeitsmarkt in Wissenschaft, in verschiedenen Bereichen der Industrie, oder in der wissenschaftlichen Verwaltung vorzubereiten. Das im Rahmen der IRTG geplante Qualifizierungsprogramm wird dazu beitragen, das Wissen und die Fähigkeiten junger Forscher zu vertiefen und ihre Unabhängigkeit zu fördern.

Description

The project will establish an Integrated Research Training Group (IRTG) within (AC)3 to support young researchers (Phd students and Postdocs) in their development of scientific independence, and prepare them for positions in academia, industry, in various fields, or in administration. The qualification programme planned within the IRTG will help to deepen their knowledge and skills of young researchers and promote their independence.

Mittelgeber: DFG, TRR 172, Projekt number 268020496

SFB/Transregio 172 „Arktische Verstärkung“

Fesselballongetragene Messungen des Energiebudgets in der wolkenbedeckten Zentralarktis (A02)

Tethered balloon-borne energy budget measurements in the cloudy central Arctic (A02)

Schlagworte: Arktis, ballongetragene Messungen, Energiebilanz, Strahlungsabkühlung

Projektleiter: M. Wendisch (m.wendisch@uni-leipzig.de)

Dr. Holger Siebert, Leibniz-Institut für Troposphärenforschung e.V. (TROPOS)

Projektmitarbeiter: Michael Lonardi

Projektbeginn: 2016

Projektende: 2027

Beschreibung

Während der Expedition MOSAiC im Frühsommer (April bis Juni) 2020 werden fesselballongetragene Messungen von einer Eisschollenstation analysiert. Basierend auf den gewonnenen Messungen werden wir typische Werte und Profile von Turbulenz, Strahlung,

Aerosolpartikeln und wolkenmikrophysikalische Eigenschaften während der Entstehung von stratiformen Grenzschichtwolken in der Zentralarktis sammeln. Wir fokussieren uns hier auf lokale Aspekte der bewölkten Grenzschicht auf die Arktische Verstärkung, wobei auch entfernte Prozesse wie Advektion berücksichtigt werden.

Description

Tethered balloon-borne measurements from an ice-floe camp during the MOSAiC expedition in early summer (April-June) 2020 will be analysed. On the basis of the collected data we will quantify typical values and profiles of turbulence, radiation, aerosol particle and cloud microphysical properties during the life-time of stratiform ABL clouds in the central Arctic. Here we focus on local aspects of the cloudy ABL on Arctic amplification, although remote processes such as advection will also be considered.

Mittelgeber: DFG, TRR 172, Projekt number 268020496

SFB/Transregio 172 „Arktische Verstärkung“

Einfluss von tiefen Wolken auf die arktische atmosphärische Grenzschichtturbulenz und -Strahlung (A03)

Impact of low-level clouds on Arctic atmospheric boundary layer turbulence and radiation (A03)

Schlagworte: Arktis, flugzeuggetragene Messungen, Energiebilanz, Strahlungsabkühlung

Projektleiter: M. Wendisch (m.wendisch@uni-leipzig.de)

Dr. Christof Lüpkes, Alfred-Wegener-Institut Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung

Projektmitarbeiter: Sebastian Becker

Projektbeginn: 2016

Projektende: 2027

Beschreibung

Um den Einfluss von atmosphärischen Grenzschichtwolken auf die Arktische Verstärkung zu verstehen, sind detaillierte Studien der wolkenbedingten Prozesse, welche die arktische Grenzschicht und das Energiebudget beeinflussen, unabdingbar. Wir schlagen zwei Hauptziele für die zweite Phase vor. Ersteres bezweckt ein besseres Verständnis des Einflusses der Jahreszeit auf Wolken und deren verbundene Grenzschichtprozesse und das Energiebudget. Zweites Ziel beinhaltet die Untersuchung der Wolken während eines Lagrangeschen Luftmassentransports. Um diese Ziele zu erreichen, werden drei Messkampagnen mit den Polar5/6 Flugzeugen sowie mit HALO (High Altitude and Long Range Research Aircraft) durchgeführt.

Description

To understand the role of atmospheric boundary layer clouds in Arctic amplification, detailed studies of cloud-related processes influencing the ABL and the atmospheric energy budget are indispensable. We propose two major goals for phase II. The first one aims at a better understanding of the seasonal dependence of the cloud impact on the ABL processes and energy budget. The second objective includes to investigate the changing cloud impact during Lagrangian

air mass transports. To reach these goals, we will perform three campaigns using the AWI Polar 5/6 aircraft and the High Altitude and Long Range Research Aircraft (HALO).

Mittelgeber: DFG, TRR 172, Projekt number 268020496

SFB/Transregio 172 „Arktische Verstärkung“

Einfluss von Bodenheterogenität auf den Strahlungsantrieb und Ableitung von Aerosol- und Wolkeneigenschaften in der Arktis (C01)

Influence of surface heterogeneity on radiative forcing and retrieval of aerosol and cloud properties in the Arctic (C01)

Schlagworte: Arktis, flugzeuggetragene Messungen, Eis- und Schneeaalbedo, BRDF

Projektleiter: M. Wendisch (m.wendisch@uni-leipzig.de)

Dr. Georg Heygster (bis 12/2019), Universität Bremen, Institut für Umweltphysik (IUP)

Dr. Marcel Nicolaus (Seit 01/2020), Alfred-Wegener-Institut Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung

Dr. Gunnar Spreen, (seit 01/2020), Universität Bremen, Institut für Umweltphysik Abteilung für Erdfernerkundung

Projektmitarbeiterin: Dr. Evelyn Jäkel

Projektbeginn: 2016

Projektende: 2027

Beschreibung

Die Bodenheterogenität und zeitliche Entwicklung der Bodeneigenschaften des Arktischen Ozeans beeinflussen den Strahlungsenergi transfer durch die Kopplung von Atmosphäre, Meereis und Ozean im arktischen Klimasystem. Strahlungseffekte durch Interaktionen dieser Komponenten sind nicht gut verstanden, allerdings können sie eine entscheidende Rolle im arktischen Klimasystem spielen. Wir werden Flugzeugmessungen der vorangegangenen Kampagnen ACLOUD, PAMARCMiP, und AFLUX analysieren und neue Messungen während MOSAiC und HALO-(AC) hoch 3 sammeln. Zusätzlich werden wir Satellitendaten (MERIS, Sentinel-3) für unsere Analyse verwenden.

Description

The spatial heterogeneity and temporal evolution of surface properties of the Arctic Ocean influence the radiative energy transfer through the coupled compartments (atmosphere, sea ice, open ocean) of the Arctic climate system. Radiative effects of interactions between these components are not well studied, however, they may play an important role in the Arctic climate system. We will analyse airborne data from the previous ACLOUD, PAMARCMiP, and AFLUX campaigns, and collect new measurements during the planned MOSAiC and HALO-(AC) observations. In addition, we will use satellite data (MERIS, Sentinel-3) in our analysis.

Mittelgeber: DFG, TRR 172, Projekt number 268020496

SFB/Transregio 172 „Arktische Verstärkung“**Charakterisierung von arktischen Mischphasenwolken durch flugzeuggetragene in-situ Messungen und Fernerkundung (B03)**

Characterization of Arctic mixed-phase clouds by airborne in-situ measurements and remote sensing (B03)

Schlagworte: Arktis, flugzeuggetragene Messungen, Mischphasenwolken

Projektleiter: Dr. André Ehrlich (a.ehrlich@uni-leipzig.de)

Professor Dr. Susanne Crewell, Universität zu Köln, Institut für Geophysik und Meteorologie

Professor Dr. Andreas Macke, Leibniz-Institut für Troposphärenforschung e.V. (TROPOS)

Projektmitarbeiter: Marcus Klingebiel

Projektbeginn: 2016

Projektende: 2027

Beschreibung

Dieses Teilprojekt kombiniert flugzeuggetragene Fernerkundung der Vertikalsäule und den Strahlungseffekt von Wolken mittels in-situ mikrophysikalischen Messungen von Wolken- und Aerosolpartikeln. Da die vorangegangenen Kampagnen lediglich Momentaufnahmen der arktischen Bedingungen geliefert haben, werden wir diese Messungen mit zwei weiteren Kampagnen ausbauen, um die saisonalen und regionalen Unterschiede von Wolken- und Aerosoleigenschaften und deren Beitrag zur Arktischen Verstärkung systematisch zu untersuchen. Die beobachteten Wolken- und Aerosoleigenschaften werden untereinander verlinkt und für unterschiedliche Aspekte kategorisiert, um Änderungen der Aerosol-Wolken-Wechselwirkung unter verschiedenen Bedingungen zu identifizieren, welche mehr oder weniger häufig bedingt durch die Arktische Verstärkung zu beobachten sind.

Description

We aim to combine airborne remote sensing of the vertical column and the radiative impact of clouds with in-situ microphysical measurements of cloud and aerosol properties. As the completed campaigns represent only a snapshot of Arctic conditions, we aim to extend these measurements by two major campaigns to systematically investigate seasonal and regional differences of cloud and aerosol properties and their contribution to Arctic amplification. The observed cloud and aerosol properties will be linked to each other and categorized for different issues to identify changes of aerosol-cloud interaction under different conditions, which are expected to occur more/less frequently due to Arctic amplification.

Mittelgeber: DFG, TRR 172, Projekt number 268020496

SFB/Transregio 172 „Arktische Verstärkung“**Analyse und Vorhersage des Transports und der Transformation von Arktischen Luftmassen (Warmluftintrusionen und Kaltluftausbrüche)**

Analysis and forecast of transport and transformation of Arctic air masses (warm air intrusions, cold air outbreaks)

Schlagworte: Arktis, Luftmassentransport

Projektleiter: Dr. Michael Schäfer (michael.schaefer@uni-leipzig.de)

Projektmitarbeiter: Benjamin Kirbus

Projektbeginn: 2020

Projektende: 2024

Beschreibung

Im Frühjahr 2022 werden Messungen mit dem deutschen Forschungsflugzeug HALO (High Altitude and Long Range Research Aircraft) im Rahmen von HALO- (AC)³ (www.halo-spp.de) durchgeführt. Ziel sind Fernerkundungsmessungen, um die Auswirkungen von Wolken auf atmosphärische Grenzschichtprozesse und den Energiehaushalt in der Arktis zu untersuchen. Mit HALO wollen wir einen Lagrange-Ansatz verfolgen, um dasselbe Wolkensystem innerhalb von mehreren Tagen zu untersuchen und die Entwicklung der eingebetteten Wolken zu charakterisieren. In diesem Zusammenhang sind Warmlufteinbrüche und Kaltluftausbrüche von besonderem Interesse. Sie bleiben in der Regel mehrere Tage bestehen und können große Mengen an Wärme und Feuchtigkeit über große Entfernnungen in die Arktis oder aus der Arktis transportieren, wodurch die Wolkenmorphologie auf ihrem Weg beeinflusst wird. Um die Wolkenbildung / -entwicklung entlang solcher Transportwege von Anfang an zu erfassen, müssen Warmlufteinbrüche und Kaltluftausbrüche rechtzeitig vorhergesagt werden. Der Kern dieses Projekts besteht darin, ein Prognosetool zu entwickeln, es während der HALO- (AC) 3-Kampagne anzuwenden und anschließend zu validieren. Darüber hinaus werden die Luftmasseneigenschaften, die Wolkenentwicklung und ihr Einfluss auf die Strahlungseigenschaften analysiert.

Description

In spring 2022 airborne remote sensing in the Arctic will be used to study the cloud impact on atmospheric boundary layer processes and the energy budget. The measurements will be performed using the German research aircraft HALO (High Altitude and Long range research aircraft) within the framework of HALO-(AC)³ (www.halo-spp.de). With HALO, we aim to follow a Lagrangian approach to sample the same cloud system in the course of several days to investigate the embedded cloud evolution. In this regard, warm air intrusions and cold air outbreaks are of special interest. They usually persist for several days and are capable to transport large amounts of heat and moisture over huge distances into the Arctic or out of it, influencing the cloud morphology on its way. To capture the cloud formation/evolution along such transport paths from the very beginning, it is necessary to forecast warm air intrusions and cold air outbreaks in time. The core of this project is to develop a forecast tool, apply it during the HALO-(AC)3 campaign, and to validate it afterwards. Furthermore, the air-mass characteristics, the cloud evolution, and their influence on radiative properties will be evaluated.

Mittelgeber: Universität Leipzig, Doktorandenförderung

SFB/Transregio 172 „Arktische Verstärkung“

Evaluierung der ECMWF und ICON Vorhersagequalität von arktischen Wolkeneigenschaften mit Hilfe von flugzeuggetragenen Messungen

Evaluation of ECMWF and ICON forecast quality of cloud properties using airborne dropsonde and cloud measurements in the Arctic

Schlagworte: Arktis, flugzeuggetragene Messungen, Mischphasenwolken

Projektleiter: Dr. Michael Schäfer (michael.schaefer@uni-leipzig.de)

Projektmitarbeiter: Hanno Müller

Projektbeginn: 2021

Projektende: 2024

Beschreibung

In den letzten Jahren hat sich die Leistung numerischer Wettervorhersagemodelle wie ECMWF oder ICON stetig verbessert. Ihre horizontale und vertikale Auflösung wurde erhöht, während die Unsicherheit ihrer vorhergesagten Parameter und die erforderliche Rechenzeit verringert werden konnten. Daher wurden solche Modelle zu einem wertvollen Instrument, um das Auftreten verschiedener Wolkentypen in bestimmten synoptischen Situationen zu untersuchen, was insbesondere in arktischen Regionen mit spärlichen lokalen Beobachtungen von entscheidender Bedeutung ist. Darüber hinaus helfen die Modelle in wissenschaftlich interessante synoptische Situationen zu identifizieren und unterstützen die Planung geeigneter Flugmuster zur Untersuchung von arktischen Wolken. In früheren Kampagnen (ACLOUD, AFLUX oder MOSAiC-ACA) wurden zahlreiche Dropsonden- und Wolkenmessungen (in-situ, Fernerkundung) erfasst. Das Ziel dieses Projekts ist es, diese Daten zu verwenden, um die ECMWF- und ICON-Prognosequalität von Wolkeneigenschaften in der Arktis in unterschiedlichen synoptischen Situationen zu bewerten. Es sind Profildaten von Temperatur und Luftfeuchtigkeit aus Dropsonde-Messungen zu verwenden, die während mehrerer Forschungsflüge nördlich von Spitzbergen in früheren Kampagnen erfasst wurden. Zusätzliche Kamera-, Radar- und Lidar-Messungen stehen zur Verfügung, um die Wolkensituation während der Flüge zu charakterisieren. Die Ergebnisse sollen zu einer quantitativen Bewertung der Vorhersagequalität von EZMW und ICON führen, die 2022 in weiteren Luftkampagnen wie HALO- (AC) 3 getestet wird.

Description

During the past years, the performance of numerical weather prediction models like ECMWF or ICON improved steadily. Their horizontal and vertical resolution have been increased, while the uncertainty of their predicted parameters and the required computational time could be reduced. Therefore, such models became a valuable tool to investigate the occurrence of different cloud types in specific synoptic situations, which is crucial especially in Arctic regions, where local observations are sparse. Furthermore, in such regions, they help to identify interesting upcoming cloud situations and to design most suited flight patterns for airborne campaigns. During past campaigns (ACLOUD, AFLUX, or MOSAiC-ACA) numerous dropsonde and cloud (in-situ, remote sensing) measurements have been collected. The objective of this project is to use these data to evaluate the ECMWF and ICON forecast quality of cloud properties in the Arctic in different synoptic situation.

Profile data of temperature and humidity from dropsonde measurements shall be used, which were captured during several research flights North of Svalbard during past campaigns. Additional image data, radar, and lidar measurements are available to further characterize the cloud situation during the flights. The results shall lead to a quantitative evaluation of the prediction quality of ECMWF and ICON, which will be tested during further airborne campaigns like HALO-(AC)3 in 2022.

Mittelgeber: Universität Leipzig, Doktorandenförderung

SFB/Transregio 172 „Arktische Verstärkung“

Bestimmung der Variabilität der Abkühlungsraten am Oberrand von arktischen Wolken mit einer flugzeuggetragenen Infrarotkamera und deren Abhängigkeit von Wolkeneigenschaften

Variability of Arctic cloud top cooling as a function of cloud microphysical properties derived from airborne thermal infrared imagery

Schlagworte: Arktis, flugzeuggetragene Messungen, Mischphasenwolken

Projektleiter: Dr. Michael Schäfer (michael.schaefer@uni-leipzig.de)

Projektmitarbeiter: Sophie Rosenburg

Projektbeginn: 2022

Projektende: 2025

Beschreibung

Arktische Wolken weisen eine signifikante Abkühlung an der Wolkenoberkante auf, die Turbulenz- und Mischungsprozesse hervorruft und damit für die lange Lebensdauer arktischer Grenzschichtwolken entscheidend ist. Allerdings weist die Wolkenoberkante in der Regel erhebliche horizontale Inhomogenitäten auf. Diese kleinräumigen Inhomogenitäten können zur Abkühlung der Wolkendecke beitragen, je nachdem, ob sie sich innerhalb, oberhalb oder unterhalb der Temperaturinversion der Wolkendecke befinden. Daher kann die unterschiedliche Abkühlung der Wolkendecke die Inhomogenitäten der Wolkendecke abpuffern oder verstärken. Diese horizontalen kleinräumigen Inhomogenitäten liegen jedoch weit unter der räumlichen Auflösung der meisten Satellitensensoren. Daher werden flugzeuggestützte Beobachtungen analysiert, um den Einfluss räumlicher Wolkeninhomogenitäten auf die Abkühlungsraten der Wolkenoberkante zu quantifizieren.

Ziel dieses Projekts ist die Verwendung einer nach unten gerichteten flugzeuggetragenen thermischen Infrarotkamera zur Untersuchung der Wolkenoberkantentemperatur. Diese soll in hoher räumlicher ($< 10 \text{ m}$ Pixelgröße) und zeitlicher (100 Hz) Auflösung, sowie in verschiedenen Spektralkanälen gemessen werden. Eine Infrarot-Kamera ist an Bord des High Altitude and Long Range Research Aircraft (HALO) installiert. Mit dieser Kamera wurden während der HALO-(AC)3-Kampagne im März/April 2022 von Kiruna, Schweden, aus erste Messungen in arktischen Regionen durchgeführt. Die beobachtete Wolkentemperatur soll als Funktion der optischen und mikrophysikalischen Wolkeneigenschaften für verschiedene Zustände der Inhomogenität der Wolkendecke bewertet werden. Dazu sind optische und mikrophysikalische Ableitungen der Wolken auf der Grundlage von thermischen Infrarot-Wellenlängen erforderlich. Neben den Messungen werden die notwendigen Daten aus Strahlungstransfersimulationen gewonnen. Zusätzliche Wolkeninformationen werden von Lidar, Radar, abbildenden Spektrometern im solaren Spektralbereich und Breitbandradiometern zur Verfügung stehen.

Description

Arctic clouds are known to possess a significant cloud top cooling, which induces turbulence and entrainment processes and is crucial for the long life time of Arctic boundary layer clouds. However, the cloud top typically shows significant horizontally inhomogeneous structures. These small-scale inhomogeneities may feedback to the cloud top cooling depending on the position within, above or below the cloud top temperature inversion. Therefore, the differential cloud top cooling may buffer or enhance the cloud top inhomogeneities. However, those horizontal small-scale inhomogeneities are far below the spatial resolution of most of the satellite sensors. Therefore, airborne observations will be analysed to quantify the influence of spatial cloud inhomogeneities on the cloud top cooling.

The aim of this project is to use downward viewing airborne thermal infrared imagery to investigate the cloud top temperature with high spatial (< 10 m pixel size) and temporal (100 Hz) resolution, measured within different spectral channels. The infrared imager is installed on board of the High Altitude and Long Range Research Aircraft (HALO). Using this imager, first airborne measurements in Arctic regions were performed out of Kiruna, Sweden during the HALO-(AC)3 campaign in March/April 2022. The observed cloud top temperature shall be evaluated as a function of the optical and microphysical cloud properties for different states of cloud top inhomogeneity. For this, cloud optical and microphysical retrievals based on thermal infrared wavelengths are required. Besides the measurements, necessary input for the retrievals will be obtained from radiative transfer simulations. Additional cloud information will be available from lidar, radar, imaging spectrometers in the solar spectral range and broadband radiometer.

Mittelgeber: Universität Leipzig, Doktorandenförderung

Fernerkundung und Strahlungsantrieb von Inhomogenen Passatwind-Cumuli

Remote Sensing and Radiative Forcing of Inhomogeneous Trade-Wind Cumuli

Schlagworte: Passatwind-Cumuli, atmosphärische Strahlung, flugzeuggetragene Fernerkundung

Projektleiter: M. Wendisch (m.wendisch@uni-leipzig.de)

Projektmitarbeiterin: Anna Luebke

Projektbeginn: 2019

Projektende: 2024

Beschreibung

Das Hauptziel des Projektes besteht in der Quantifizierung des großskaligen Strahlungsantriebes von flachen Passatwind Cumulus-Wolken als Funktion der makro- und mikrophysikalischen Wolkeneigenschaften, der räumlichen Anordnung der Wolken, und der mesoskaligen Vertikalbewegung. Wir kombinieren makro-, mikrophysikalische und Strahlungseigenschaften von Passatwindwolken, welche von flugzeuggetragenen Fernerkundungsbeobachtungen und in-situ Strahlungsmessungen abgeleitet werden. Diese Messungen werden an Bord von HALO (High Altitude and Long Range Research Aircraft) während der Messkampagne EUREC4A (Elucidating the Role of Cloud-Circulation Coupling in ClimAtE) östlich von Barbados im Februar 2020 gewonnen. Um die relevanten Wolken- und Strahlungsdaten ableiten zu können, werden wir die Instrumentierung von HALO erweitern durch (i) eine multispektrale thermisch-infrarote Kamera, und (ii) auf- und abwärts gerichtete, halbräumliche Breitband-Pyranometer und Pyrgeometer. Die breitbandigen Radiometer werden solare und terrestrische Strahlungsflussdichthemessungen

liefern, um den atmosphärischen Strahlungshaushalt in Flughöhe zu quantifizieren. Die thermisch-infrarote Kamera wird die Helligkeitstemperatur in verschiedenen Spektralbändern mit hoher räumlicher (5 Meter) und zeitlicher (20 Hz) Auflösung bestimmen. Diese Geräte wurden noch nicht auf HALO eingesetzt. Deshalb besteht ein wichtiger Teil des vorgeschlagenen Arbeitsplanes in intensiven Tests und Kalibrierungen der neuen Geräte und der Entwicklung von Software zur Handhabung und Auswertung der Daten. Die thermisch-infrarote Kamera wird verwendet, um Wolkenprodukte abzuleiten. Dies umfasst Felder der Temperatur am Wolkenoberrand, Flüssigwasserpfad und Effektivradien. Die Felder werden statistisch analysiert, um den Bedeckungsgrad, den Grad der Organisation, und die Wolkengrößeverteilung zu erhalten. Die Daten werden mit atmosphärischen Parametern (Temperatur-/Feuchteprofile, Hintergrundaerosol, großskalige Divergenz) korreliert. Die Beobachtungen mit den Breitband-Radiometern werden in Kombination mit den Feldern der Wolkeneigenschaften, die von den Messungen mit der thermisch-infraroten Kamera abgeleitet werden, analysiert. Die Quantifizierung des Wolken-Strahlungsantriebes für unterschiedliche Wolkenbedeckungen sowie Wolkenoberkantentemperaturen wird zeigen, wie empfindlich der Wolken-Strahlungsantrieb im Hinblick auf makroskopische Eigenschaften und die Anordnung der Passatwolken ist. Eine Parametrisierung dieser Empfindlichkeiten hilft bei der Beschreibung von Passatwind-Wolken in numerischen Wettervorhersage- und globalen Klimamodellen.

Description

The core objective of the project is to quantify the large-scale radiative forcing of shallow trade-wind cumuli as a function of the cloud macrophysical and microphysical properties, the cloud spatial organization, and the mesoscale vertical motion. We will combine macrophysical, microphysical, and radiative properties of trade-wind cumuli obtained from airborne remote sensing cloud observations and in situ irradiance measurements aboard the High Altitude and Long Range Research Aircraft (HALO) during the EUcidating the Role of Cloud-Circulation Coupling in ClimAte (EUREC4A) campaign east of Barbados in February 2020. To retrieve the relevant cloud and radiation data, we will extend the instrumentation of HALO by (i) a multi-wavelength thermal infrared (IR) imager, and (ii) pairs of upward and downward looking, hemispheric broadband pyranometers and pyrgeometers. These broadband radiometers will provide solar and terrestrial irradiance measurements to quantify the atmospheric radiation budget at flight level. The thermal IR imager will map the cloud top brightness temperatures at different thermal IR spectral bands with high spatial (5 m) and temporal (20 Hz) resolution. The instruments were not operated on HALO yet. Therefore, a crucial part of the proposed work plan is related to extensive tests and calibrations of the new instruments and developing tools for handling and post processing the data. The thermal IR imager will be used to develop an IR-based cloud product, providing maps of cloud top temperature, cloud liquid water path and cloud effective droplet size. The maps will be analysed statistically to obtain the cloud fraction, degree of clustering, and cloud size distributions. The data will be correlated with atmospheric parameters (temperature/humidity profiles, background aerosol, large-scale divergences). The observations of the broadband radiometers will be analysed in combination with the maps of cloud properties derived from the thermal IR imager. Quantifying the cloud radiative forcing for scenes of trade-wind cumuli with different cloud fraction, degree of clustering, and cloud top temperatures will indicate how sensitive the cloud radiative forcing is with respect to the macroscopic properties and organization of trade-wind cumuli. Parameterizing this sensitivity provides a tool to evaluate the representation of trade-wind cumuli in numerical weather prediction models and global climate models.

Mittelgeber: DFG Projekt Nummer 422897361

Charakterisierung der Änderungen des Strahlungsantriebs von flacher und hoher Konvektion im Verlaufe ihres Lebenszyklus durch die Kombination von Flugzeug- und Satellitenbeobachtungen im tropischen Atlantik

Characterizing the evolution of the radiative forcing of shallow and deep convective clouds throughout their life cycle by combining airborne and satellite observations in the tropical Atlantic Ocean

Schlagworte: Tropische Konvektion, atmosphärische Strahlung, flugzeuggetragene Fernerkundung

Projektleiter: A. Ehrlich (a.ehrlich@uni-leipzig.de)

Projektmitarbeiterin: Anna Luebke

Projektbeginn: 2023

Projektende: 2027

Beschreibung

Über den tropischen Ozeanen sind Passatwolken und hochreichende konvektive Wolken wichtige Faktoren für den atmosphärischen Strahlungsenergiehaushalt. Detaillierte Beobachtungen dieser Wolken und die Quantifizierung des Zusammenspiels von Wolkeneigenschaften und ihrer Strahlungswirkung sind nach wie vor notwendig, um die Darstellung des Strahlungsenergiehaushalts in numerischen Wettervorhersagen und globalen Klimamodellen zu validieren und zu verbessern. Für Passatwolken wurden im Rahmen der EUREC4A-Kampagne im Jahr 2020 flugzeuggetragene Messungen und Satellitenbeobachtungen durchgeführt, um zu untersuchen, ob makro- oder mikrophysikalischen Eigenschaften der Wolken den größeren Einfluss auf deren Strahlungsantrieb haben. In diesem Projekt soll diese Studie erweitert werden, indem der Lebenszyklus konvektiver Wolken berücksichtigt wird. Neben flachen Kumuluswolken wird auch hochreichende Konvektion innerhalb und am Rande der atlantischen tropischen Konvergenzzone analysiert. Das Hauptziel besteht darin, die Veränderungen im Strahlungsantrieb dieser beiden Wolkenregime während ihres Lebenszyklus als Funktion der Entwicklung der makro- und mikrophysikalischen Eigenschaften der Wolken zu quantifizieren. Es soll die Hypothese getestet werden, dass die makrophysikalischen Eigenschaften der Wolken den Strahlungsantrieb in den frühen Phasen der Lebenszyklus der Wolken dominieren, während die mikrophysikalischen Eigenschaften in den späteren Phasen wichtiger werden. Um dieses Ziel zu erreichen, werden die flugzeuggestützten Beobachtungen während der HALO-Mission EC-TOOC genutzt. Durch die Kombination von zeitlich und räumlich hoch aufgelösten flugzeuggetragenen Beobachtungen mit großräumigen und kontinuierlichen Satellitenbeobachtungen wollen wir ein umfassendes Bild der Wolkenentwicklung über mehrere Stunden hinweg erfassen. Die untersuchten Wolkeneigenschaften beinhalten den Wolkenbedeckungsgrad, die Höhe der Wolkenoberfläche, der Flüssigwasserpfad, der Radius der Wolkenpartikel, die zweidimensionale räumliche Organisation des Wolkenfelds, die Heterogenität des Wolkenfelds, die thermodynamische Phase der Wolkenpartikel sowie die Temperatur der Meeressoberfläche, die thermodynamischen Bedingungen und die Aerosolkonzentration. Zur Untersuchung der Wolkenentwicklung werden modernste Methoden der Wolkenverfolgung eingesetzt. Durch die Bestimmung der Lebensdauer und des Entwicklungsstadiums der Wolke wird ein neuer Parameter zur Verfügung stehen, mit dem frühere Studien erweitert werden. Die für hochreichende Konvektion abgeleiteten Beziehungen zwischen Makro- oder Mikrophysik und Wolkenstrahlungsantrieb werden mit dem Verhalten von

Passatwindregion verglichen. Unterschiede aufgrund unterschiedlicher Aerosolkonzentrationen und thermodynamischen Bedingungen werden erforscht.

Description

Over the tropical oceans, shallow trade-wind cumuli and deep convective clouds have been identified as major contributors to the atmospheric radiative energy budget. Accurately characterizing these clouds and quantifying their radiative impact based on their properties remains important for the improvement and validation of the radiative energy budget in numerical weather prediction and global climate models. For trade-wind cumuli, airborne and satellite observations from the EUREC4A campaign in 2020 assessed whether the macrophysical or microphysical properties of the clouds were the main driver of the cloud radiative forcing. The project seeks to extend this study by considering the life cycle of convective clouds. In addition to shallow cumulus, deep convective clouds within and at the edge of the Atlantic ITCZ will be analysed. The core objective is to quantify the changes in the radiative forcing of these two cloud regimes during their life cycle as a function of the evolution of the cloud macrophysical and microphysical properties and to test the hypothesis that cloud macrophysical properties dominate the cloud radiative forcing in the early stages of the cloud lifetime, whereas microphysical properties become more important in mature stages. To achieve this objective, we make use of the airborne observations during the HALO mission, EC-TOOC. Combining high temporally and spatially resolved airborne observations with the broader, continuous overview of satellites, we aim to capture a comprehensive depiction of clouds as they develop over the course of several hours. The cloud properties of interest include cloud fraction, cloud top altitude, liquid water path, cloud particle radius, the two-dimensional spatial organization of the cloud field, the heterogeneity of the cloud field, cloud particle phase, as well as sea surface temperature and thermodynamic and aerosol conditions. To study the cloud evolution, state of the art cloud tracking methods will be applied. By retrieving an estimate of the cloud lifetime and stage of development, a new parameter will be available and extend previous studies. The relation between macrophysics or microphysics and cloud radiative forcing derived for deep convective clouds will be compared to shallow clouds in the trade-wind region. Differences due to aerosol and thermodynamic conditions will be explored.

Mittelgeber: DFG Projekt Nummer 502188551

EC-TOOC (aka PERCUSION) Rahmenantrag - EarthCARE, tropische Ozeane & organisierte Konvektion

EC-TOOC (aka PERCUSION) mission proposal - EarthCARE, Tropical Oceans and Organized Convection

Schlagworte: Tropische Konvektion, atmosphärische Strahlung, flugzeuggetragene Fernerkundung

Projektleiter: Felix Ament (Univeristät Hamburg), M. Wendisch (m.wendisch@uni-leipzig.de)

Projektmitarbeiterin: Anna Luebke

Projektbeginn: 2023

Projektende: 2027

Beschreibung

Das Project finanziert den universitären Anteil der Missionskosten der HALO EarthCARE, Tropical Oceans and Organized Convection (ehemals EC-TOOC, jetzt PERCUSION) in dem die Universität Leipzig mit einem Einzelprojekt (siehe „Charakterisierung der Änderungen des Strahlungsantriebs von flacher und hoher Konvektion im Verlaufe ihres Lebenszyklus durch die Kombination von Flugzeug- und Satellitenbeobachtungen im tropischen Atlantik“, DFG Projekt Nummer 502188551) vertreten ist.

Description

The project funds the university part of the mission cost of the HALO mission EarthCARE, Tropical Oceans and Organized Convection (fka. EC-TOOC, now PERCUSION) in which the Leipzig University participates with a research project (see “Characterizing the evolution of the radiative forcing of shallow and deep convective clouds throughout their life cycle by combining airborne and satellite observations in the tropical Atlantic Ocean” DFG Project Number 502188551).

Mittelgeber: DFG Projekt Nummer 502197012

Anwendung von Eisoberflächen- und Strahlungsdaten in der Luft basierend auf MOSAiC

Beobachtungen für Oberflächenalbedoparametrisierungen der zentralen Arktis

Application of airborne ice surface and radiation data based on MOSAiC observations for surface albedo parameterizations of the central Arctic (ALIBABA)

Schlagworte: Arktis, Oberflächenalbedo, hubschraubergetragene Messungen, MOSAiC

Projektleiter: M. Wendisch (m.wendisch@uni-leipzig.de)

Projektmitarbeiter: Tim Sperzel

Projektbeginn: 2021

Projektende: 2024

Beschreibung

Das Ziel des Projekts ALIBABA ist die direkte Anwendung der fluggestützten Strahlungs- und Kameradaten, die mit der Hubschrauber-Schleppsonde „HELiPOD“ während MOSAiC erhoben werden. Damit soll der Einfluss von Wolken-Inhomogenitäten auf die Eigenschaften der Rückstreuung solarer Strahlung von arktischen Eisflächen quantifiziert werden. Es werden verschiedene Skalen von 0.25 km bis 10 km betrachtet, die für regionale Klimamodelle und die horizontale Auflösung von Satelliten charakteristisch sind. Für diese räumlichen Skalen stellen die Oberflächen-Reflexionseigenschaften oft eine Mischung von verschiedenen Oberflächen-Arten dar, wie z.B. offenes Wasser, pures Eis, mit Schnee bedecktes Eis -und Schmelztümpel. Dreidimensionale (3D) Strahlungstransportsimulationen sollen mit den Messungen der komplexen Oberflächen-Reflexionseigenschaften kombiniert werden. Die Albedo und die direktionale Reflexion der individuellen Oberflächenarten sollen aus den großflächigen Beobachtungen unter Berücksichtigung der von Einstrahlungsänderungen (Wolkenbedeckung, Sonnenstand) abgeleitet

werden. Dadurch soll die zeitliche Entwicklung der Reflexionseigenschaften der verschiedenen Oberflächenarten über einen längeren Zeitraum dokumentiert werden (MOSAiC-Messungen Mai bis August 2020). Damit können Parametrisierungen der Oberflächen-Albedo für Klimamodelle wie HIRHAM-NAOSIM und ICON evaluiert und verbessert werden.

Description

The aim of the project ALIBABA is the direct application of the airborne radiation and camera data obtained with the helicopter borne meteorological sonde "Helipod" during MOSAiC (Multi-disciplinary drifting Observatory for the Study of Arctic Climate). The data are used to quantify the impact of cloud inhomogeneity on the solar reflection properties of Arctic surfaces on typical spatial scales (0.25 – 10 km) covered by regional climate models and satellite footprint sizes. For such spatial scales, the surface reflection properties may feature a mixture of different surface types such as open water, bare ice, snow covered ice, and melt ponds. Three-dimensional (3D) radiative transfer modeling will be combined with measurements of such complex surface reflection properties. The subtype albedo and directional reflection will be extracted from areal surface observations considering effects of illumination changes (cloud occurrence, solar zenith angle). By that, the temporal evolution of the individual subtypes of reflection properties during the course of MOSAiC (May – August 2020) will be documented. That will help to evaluate and improve the surface albedo parameterization scheme of climate models such as HIRHAM-NAOSIM and ICON.

Mittelgeber: BMBF Projekt Nummer 232101570

Wechselwirkungen zwischen Vegetation und Wolken Klimaextremen und deren Effekte auf die spektrale Albedo und Auswirkungen auf die Energiebilanz

Interactions between vegetation and clouds in climate extremes and their effect on the spectral albedo and the energy budget

Schlagworte: Oberflächenalbedo, Vegetation, Wolken, Strahlungsbilanz

Projektleiter: M. Wendisch (m.wendisch@uni-leipzig.de), Alexandra Weigelt

Projektmitarbeiter: Sudhanshu Shekhar Jha, Kevin Wolf

Projektbeginn: 2022

Projektende: 2024

Beschreibung

Die Oberflächenalbedo moduliert den atmosphärischen Energiehaushalt und bestimmt somit die vertikalen Strömungs-, Energie- und Massenflüsse. Daher modifiziert die Oberflächenalbedo die lokalen und regionalen Auswirkungen der Klimaerwärmung. Über einem Wald und wahrscheinlich auch über anderen biologischen Oberflächen hängt die Oberflächenalbedo hauptsächlich vom Blattzustand ab, der sich mit der meteorologischen Jahreszeit ändert. Auch extreme Wetter-/Klimaverhältnisse wie Dürren, Überschwemmungen oder Kälteperioden beeinflussen den physiologischen und morphologischen Zustand der Blätter auf kürzeren Zeitskalen. Dies kann sich auf die Oberflächenalbedo auswirken, die wiederum in den atmosphärischen Energiehaushalt

zurückfließt. Außerdem hat sich gezeigt, dass sich die Oberflächenalbedo bei bestimmten Oberflächentypen, wie z. B. Schnee, in Abhängigkeit von der Bewölkung ändert. Wenn ein ähnlicher Effekt für die Vegetationsoberflächen nachgewiesen werden könnte, wären die potenziellen Rückkopplungsschleifen zwischen der Vegetation und dem Klima wesentlich komplexer. Als Ausgangspunkt für die Untersuchung dieser Effekte und möglicher Rückkopplungen wurden Langzeitmessungen am Leipziger Auenwaldkran installiert, um die Albedo der Baumkronen unter verschiedenen saisonalen und extremen Wetterbedingungen zu beobachten. Die Messungen an einem festen Standort an der Spitze des Krans umfassen Strahlungsmessungen zur Ableitung der spektralen und breitbandigen Waldalbedo. Die Bewölkung wird mit einer Wolkenkamera erfasst. Das Ziel des Projekts ist es, diese bestehenden Messsysteme zu nutzen, sie anzupassen und zu verbessern. Die Daten werden im Hinblick auf die Identifizierung von Wolken-Albedo-Effekten über dem Wald unter verschiedenen meteorologischen und jahreszeitlichen Bedingungen mit einem aktuellen Schwerpunkt auf Klimaextremen analysiert.

Description

The surface albedo modulates the atmospheric energy budget and, thus, it determines vertical radiation, energy, and mass fluxes. Therefore, the surface albedo modifies the local and regional effects of climate warming. Over a forest canopy (and probably other biological surface types), the surface albedo mainly depends on the leaf state, which changes with meteorological season. Also extreme weather/climate conditions such as droughts, floods or cold spells influence the physiological and morphological state of leaves on shorter time scales. This can affect surface albedo, which in turn feeds back to the atmospheric energy budget. Furthermore, for certain surface types, such as snow, it has been shown that the surface albedo changes as a function of cloud cover. If a similar effect could be demonstrated over plant canopy surfaces, potential feedback loops between canopy surfaces and climate would be much more complex. As a starting point to investigate these effects and possible feedbacks, long-term measurements have been installed at the Leipzig floodplain crane to observe the forest canopy albedo under different seasonal and extreme weather conditions. The measurements at a fixed location at the top of the crane include radiation observations to derive the spectral and broadband forest albedo. Cloudiness is recorded remotely by sky-viewing cameras. The project aims to use these existing measurement system, adapt and improve it. The data will be analyzed with respect to identify cloud-albedo effects over the forest canopy under different meteorological and seasonal conditions with a topical focus on climate extremes.

Mittelgeber: Universität: Anstoßfinanzierung Breathing Nature

Hochatmosphäre, Christoph Jacobi
Upper Atmosphere

Large-scale dynamical impacts on regional Arctic climate change
Der Einfluss großräumiger Dynamik auf regionale arktische Klimaänderungen

Schlagworte: Arktische Verstärkung, Klimavariabilität

Projektleiter: Prof. Dr. Christoph Jacobi (jacobi @ rz.uni-leipzig.de), Prof. Dr. Johannes Quaas (johannes.quaas @ uni-leipzig.de)

Projektmitarbeiter: Sina Mehrdad

Projektbeginn: 1.1.2016

Projektende: 31.12.2023

Beschreibung

Das Projekt umfasst die Wechselwirkung zwischen der variablen großskaligen Zirkulation und regionalen arktischen Klimaänderungen und der Diagnose der arktischen Verstärkung auf regionaler Skala als Reaktion auf Variationen großskaliger Zirkulation in der Vergangenheit sowie in Klimaszenarien zukünftigen Klimawandels. Es werden hierzu Reanalysedaten und CMIP5-Modellergebnisse herangezogen und eigene Modellsimulationen durchgeführt. Die Kopplung von Troposphäre und Stratosphäre als wichtiger Bestandteil der Variabilität der polaren Atmosphäre wird auch mit numerischen Simulationen untersucht.

Mittelgeber: Deutsche Forschungsgemeinschaft, SFB-Transregio 172

Lokaler Schwerewellenantrieb auf die mittlere Atmosphäre: Bildung, Auswirkungen, und Langzeittrends

Middle atmosphere localized gravity wave forcing: Formation, impact and longterm evolution (MATELO-FILE)

Schlagworte: Schwerewellen, mittlere Atmosphäre, Brewer-Dobson-Zirkulation, Klimawandel

Projektleiter: Prof. Dr. Christoph Jacobi (jacobi @ rz.uni-leipzig.de)

Projektmitarbeiter: Dr. K. Karami

Projektbeginn: 1.5.2021

Projektende: 31.10.2027

Beschreibung

MATELO-FILE beinhaltet die Bestimmung, Analyse und Simulation von Schwerpunkten stratosphärischer Schwerewellenaktivität sowie deren Auswirkungen auf die Dynamik der mittleren Atmosphäre. Zu diesem Zweck werden die relevanten Regionen auf Basis von Beobachtungs-, Reanalyse- und Modelldaten identifiziert, indem Schwerewellenparameter sowie die Hintergrundzirkulation untersucht werden. Aus diesen Analysen werden die Auslöser der erhöhten Schwerewellenaktivität sowie meteorologische Bedingungen, die solche Schwerpunkte hervorrufen, abgeleitet. Darauf aufbauend wird mit Hilfe mehrjähriger Zeitreihen aus ERA5 und CMIP6-Datensätzen untersucht, ob sich die Aktivität solcher Schwerpunktregionen verändert hat. Um die Wechselwirkung von lokal verstärkter Schwerewellenaktivität mit der Zirkulation der mittleren Atmosphäre zu untersuchen, was die Anregung atmosphärischer Wellen sowie mögliche Kompensationsmechanismen umfasst, werden Experimente mit dem UA-ICON GCM sowie einem

weiteren mechanistischen Zirkulationsmodell durchgeführt. Derartige Herangehensweisen ermöglichen es zu untersuchen, (i) wie Bereiche verstärkter Schwerewellenaktivität in Klimamodellen reproduziert werden, (ii) was der Einfluss von Schwerewellen auf die Zirkulation ist und (iii) wie diese sich in einem sich ändernden Klima anpassen. Das Projekt ist eine Kooperation zwischen dem LIM und dem Department Atmosphärenphysik, Karls-Universität Prag.

Description

The MATELO-FILE project focuses on the detection, analysis, and modelling of stratospheric gravity wave (GW) hotspots and their effect on the dynamics of the middle atmosphere. To this end, we will identify GW hotspots on the basis of observations, reanalysis data and model output by analysing different GW parameters, and also background conditions. From these analyses we will deduce possible GW sources as well as meteorological conditions that favour the generation of GW hotspots. Based on these results from the datasets partly covering several decades, we will also investigate the temporal development of these GW hotspots to investigate how far the GW hotspot activity has changed during the last decades. To analyse the interaction processes of these GW hotspots with the circulation of the middle atmosphere (the wave forcing itself as well as a compensation mechanism), experiments with the UA-ICON global circulation model and a further mechanistic circulation model will be performed. This will enable us to investigate (i) how the GW hotspots and their effects are reproduced in climate models, (ii) their influence on circulation changes in a changing climate, and (iii) how they react on a changing climate. The project is a cooperation between LIM and the Department of Atmospheric Physics, Charles University in Prague.

Mittelgeber: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG JA 836/47-1)

Verzögerte Antwort der Ionosphäre auf Variationen des solaren EUV II (DRIVAR II)

Delayed response of the ionosphere to solar EUV variability II (DRIVAR II)

Schlagworte: Ionosphäre, solare Variabilität

Projektleiter: Prof. Dr. Christoph Jacobi (jacobi @ rz.uni-leipzig.de)

Projektmitarbeiter: R. Vaishnav

Projektbeginn: 1.5.2022

Projektende: 30.04.2025

Beschreibung

Die Variabilität der oberen Atmosphäre der Erde wird durch die Schwankungen in der Absorption solarer UV- und EUV-Strahlung die Ionosphäre hervorgerufen. Dabei tritt jedoch eine Verzögerung auf, die durch das Zusammenspiel verschiedener physikalischer und chemischer Prozesse verursacht wird. So haben die bestimmenden Ionisations- und Rekombinationsprozesse in den verschiedenen Schichten der Ionosphäre, aber auch Transportprozesse einen entscheidenden Einfluss. Die Rolle dieser Prozesse wurde in verschiedenen Studien untersucht, jedoch haben sich diese Analysen bisher nur mit einzelnen Aspekten der Verzögerung beschäftigt. Im Projekt DRIVAR II werden jene Aspekte der Verzögerung untersucht werden, die bisher nicht in Studien aufgenommen wurden. Dies beinhaltet die Variation der Verzögerung in hohen und niedrigen

Breiten und die Rolle von Kopplungsprozessen zwischen Thermosphäre und Ionosphäre. Aufbauend auf diesen Ergebnissen und vorangegangenen Studien wird im Rahmen des Projektes eine globale Beschreibung der Verzögerung bereitgestellt. Die Analyse wird dabei einerseits auf etablierten Datensätzen (z.B. SDO-EVE, GOES, GUVI, Ionosonde oder TEC-Karten) aufbauen, aber andererseits auch neue Daten berücksichtigen (z.B. GOLD und ICON). Diese Vielzahl an solaren, thermosphärischen und ionosphärischen Parametern wird eine detaillierte Beschreibung der ionosphärischen Verzögerung ermöglichen. Hinzu kommen Modelluntersuchungen mit dem Coupled Thermosphere Ionosphere Plasmasphere Electrodynamics (CTIPE) Modell und dem Thermosphere-Ionosphere- Electrodynamics General Circulation (TIE-GCM) Modell. Die Untersuchungen mithilfe dieser Modelle werden die verantwortlichen Prozesse ionosphärischer Variabilität zu bestimmen. Mit den Ergebnissen der Untersuchungen sollen dann ggf. auch Vorschläge für die Optimierung dieser Modelle formuliert werden und empirische Modelle ergänzt werden. Mit dem DRIVAR-II-Projekt werden die ionosphärischen und thermosphärischen Prozesse, welche die verzögerte Reaktion der Ionosphäre bestimmen umfassender und genauer analysiert. Diese Untersuchungen werden auch das generelle Verständnis von Prozessen in der oberen Atmosphäre verbessern und sind für das Vorhersagen von ionosphärischen Bedingungen interessant. Das Projekt ist eine Kooperation zwischen dem Institut für Solar-Terrestrische Physik in Neustrelitz und dem Institut für Meteorologie der Universität Leipzig.

Description

In Earth's upper atmosphere, the absorption of solar UV and EUV radiation causes the creation of the ionosphere, which varies following the variations of solar radiation at these wavelengths of the solar spectrum. However, a delay occurs between these variations caused by the interaction of various physical and chemical processes. Especially the different ionization and recombination processes in the layers of the ionosphere but also transport processes have a significant influence on the delay. The role of these processes has been investigated in various studies, but so far these analyses have only studied separate aspects of the delay. The DRIVAR II project will investigate the aspects of the delay that have not been included in studies so far. This includes the variation of the delay at high and low latitudes or the role of coupling processes between thermosphere and ionosphere. Based on these results and previous studies, the project will provide a global and 3-dimensional description of the delay. The analysis will be based on established data sets (e.g., SDO-EVE, GOES, GUVI, radiation and Ionosonde data, or GNSS TEC maps), but will also consider new data such as GOLD and ICON observations. This variety of solar, thermospheric and ionospheric parameters will allow a detailed description of the delay. In addition, the Coupled Thermosphere Ionosphere Plasmasphere Electrodynamics (CTIPE) model and the Thermosphere-Ionosphere Electrodynamics General Circulation (TIE-GCM) model will be used for more detailed studies defining the processes responsible for the delay. The results of these investigations will then be used to make suggestions for optimizing these models as well as empirical models, if necessary. DRIVAR II is a joint project of the DLR Institute for Solar-Terrestrial Physics in Neustrelitz (DLR-SO) and the Leipzig Institute for Meteorology (LIM). The DRIVAR II project will provide a more comprehensive and detailed analysis of the ionospheric and thermospheric processes that define the delayed ionospheric response. The studies will also improve the general understanding of processes in the upper atmosphere and are of interest for predicting ionospheric conditions.

Mittelgeber: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG JA 836/48-1)

Die Ursachen und Folgen außergewöhnlich starker stratosphärischer Polarwirbel und der damit verbundenen Ozonlöcher: von saisonalen zu langfristigen Auswirkungen (ENRICH)

The causes and consequences of exceptionally strong stratospheric arctic polar vortices and the associated ozone holes: from seasonal to long-term impacts (ENRICH)

Schlagworte: Ionosphäre, solare Variabilität

Projektleiter: Dr. Khalil Karami (khalil.karami @ rz.uni-leipzig.de)

Projektmitarbeiter: A. Kumar

Projektbeginn: 1.6.2023

Projektende: 31.05.2026

Beschreibung

Während das Ozonloch in der Antarktis ein häufig beobachtetes Ereignis ist, wurde das Gegenstück der nördlichen Hemisphäre bis vor kurzem noch nie beobachtet. Zwei bemerkenswerte Ausnahmen waren die schweren chemischen Ozonzerstörungsereignisse in der Arktis in den Jahren 2011 und 2020, bei denen die regionalen Ozonverluste über der Arktis mit denen im antarktischen Ozonloch vergleichbar waren. Bei beiden Ereignissen war der polare Polarwirbel der Arktis im Winter und Frühjahr außergewöhnlich stark, kalt und langlebig. Infolgedessen war die Gesamtozonsäule über der Polkappe in beiden Jahren deutlich niedriger. Zum Beispiel betrug die durchschnittliche Gesamtozonsäule über der nördlichen Polkappe im zeitigen Frühjahr (Februar-April 2020) 340 DU, was etwa 30 % unter dem langjährigen Mittel von 1979 bis 2019 liegt. Diese Ereignisse sind beispiellos für das Satellitenzeitalter (1979/1980 bis heute); damit verzeichneten die Jahre 2011 und 2020 die größten arktischen Ozonverluste seit Beginn der Aufzeichnungen. Da Ereignisse wie diese noch nie zuvor beobachtet wurden, verdienen sie besondere Aufmerksamkeit. Der ENRICH-Vorschlag konzentriert sich auf Ursachen und Folgen solcher kalten und anhaltenden Polarwirbel und der damit verbundenen Ozondefizite auf Thermodynamik, Dynamik, Chemie und Transport in der mittleren Atmosphäre und der Troposphäre. ENRICH ist ein gemeinsames Projekt des Leipziger Instituts für Meteorologie der Universität Leipzig und des Instituts für Meteorologie und Klimaforschung - Atmosphärische Spurengase und Fernerkundung des Karlsruher Instituts für Technologie. Das Projekt richtet sich an zwei Doktoranden und umfasst insbesondere Modellversuche mit dem Modellsystem ICON-ART. Wir werden zwei Konfigurationen des Modells verwenden: Eine für die saisonale Gesamtvorhersage und eine andere für langfristige Klimasimulationen. Die Modellsimulationen werden durch Analysen von CMIP6-Modellsimulationen, ERA5- und MERRA-Reanalysedaten und GPS-Messungen ergänzt. Das Projekt wird es uns ermöglichen, Folgendes zu untersuchen: (1) Welche Rolle spielt der Klimawandel bei der Entstehung des außergewöhnlich starken Polarwirbels und des damit verbundenen Ozonlochs im Winter/Frühjahr 2011 und 2020 und wie lässt sich dies mit einer globalen Spectrally Nudged Storyline-Methode analysieren? Was ist das Schicksal solcher Extremereignisse unter dem Klimawandel? (2) Was wäre in den kommenden Jahrzehnten mit ENRICH-ähnlichen Ereignissen unter zukünftigen Klimaprojektionen passiert, wenn die Verhandlungen und die Ratifizierung des Montrealer Protokolls nicht umgesetzt worden wären (Weltvermeidungsszenario)? (3) Was sind die relativen Beiträge des dynamischen (ausgeglichenen (Rossby-)Modus gegenüber dem Trägheits-Schwerkraft-Modus) gegenüber den chemischen/thermodynamischen Veränderungen

bei der Bildung der extremen Polarwirbel im gegenwärtigen und zukünftigen Klima? 4 Welche Folgen haben solche extremen stratosphärischen Situationen für das troposphärische Wetter?

Description

While the ozone hole is a frequently observed event in the Antarctic, the Northern Hemisphere counterpart has, until recently, never been observed. Two notable exceptions have been the severe Arctic chemical ozone depletion events in the years 2011 and 2020 where regional ozone losses over the Arctic were comparable to those in the Antarctic ozone hole. During both events, the Arctic stratospheric polar vortex was exceptionally strong, cold and long-lasting during winter and spring. As a consequence, the total ozone column over the polar cap was substantially lower in both years. For example, the average total ozone column over the northern polar cap in early spring (February-April 2020) was 340 DU, which is about 30% below the long-term mean from 1979 to 2019. These events are unprecedented for the satellite era (1979/1980 to present); thus, the years 2011 and 2020 had the greatest Arctic ozone losses on record. As events like these have never been observed previously, they deserve particular attention. The ENRICH proposal focuses on causes and consequences of such cold and persistent polar vortices and the associated ozone deficits on the thermodynamics, dynamics, chemistry and transport in the middle atmosphere and the troposphere. ENRICH is a joint project of Leipzig Institute for Meteorology of Leipzig University and the Institute of Meteorology and Climate Research - Atmospheric Trace Gases and Remote Sensing of the Karlsruhe Institute of Technology. The project is intended for two doctoral students and in particular involves model experiments with the ICON-ART model system. We will employ two configurations of the model: One for ensemble seasonal forecasting and another one for long-term climate simulations. The model simulations will be complemented with analyses of CMIP6 model simulations, ERA5 and MERRA reanalysis data and GPS measurements. The project will enable us to investigate: (1) What is the role of climate change in the formation of the exceptionally strong polar vortex and the associated ozone hole in winter/spring 2011 and 2020 and how can this be analysed by using a global spectrally nudged storyline method? What is the fate of such extreme events under climate change? (2) What would have happened to ENRICH-like events under future climate projections, in the coming decades, if the negotiation and ratification of the Montreal Protocol had not been implemented (World Avoided scenario)? (3) What are the relative contributions of dynamical (balanced (Rossby) mode versus inertia-gravity mode) forcing versus chemical/thermodynamic changes in the formation of the extreme polar vortices in present and future climate? (4) What are the consequences of such extreme stratospheric situations (strong polar vortex and low/depleted ozone in the NH) for tropospheric weather?

Mittelgeber: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG KA 5835/3-1) 516378721

Theoretische Meteorologie; Johannes Quaas
AG Wolken und globales Klima

Probabilistic attribution of extreme precipitation to aerosol perturbations (PATTERA)

Schlagworte: Attribution, Klima-Extremereignisse, Aerosol-Konvektions-Wechselwirkung

Projektleiter:

Koordinator: Andreas Hense, Universität Bonn (ahense@uni-bonn.de)
J. Quaas (johannes.quaas@uni-leipzig.de)

Projektmitarbeiter: Dr. Ribu Cherian (ribu.cherian@uni-leipzig.de)

Projektbeginn: 1.3.2020

Projektende: 28.2.2023

Beschreibung

Der Klimawandel wirkt sich insbesondere über Änderungen in Extremereignissen auf die Gesellschaft aus; hierbei stellen Extremniederschläge und Blitzschläge aus hochreichender Konvektion (Gewitter) besondere Gefahren dar. Anthropogene Änderungen der Atmosphärenzusammensetzung können Veränderungen in solchen Ereignissen bewirken. Anders als Treibhausgase und globale Erwärmung haben Emissionen von Aerosolpartikeln möglicherweise einen unmittelbaren Einfluss auf Konvektion. Das Projekt PATTERA wird (i) die Einflüsse von Aerosolen auf Konvektion, wie sie im ICON-Atmosphärenmodell simuliert werden, evaluieren, wobei vorhandene hochauflöste Simulationen, Multi-Modell-Ensembles und bodengebundene Beobachtungen als Referenz genutzt werden. Es wird weiterhin (ii) mit dem Ansatz probabilistischer Ursachenzuordnung (attribution; Ensemblesimulation tatsächlicher und hypothetischer – faktischer und kontrafaktischer – Bedingungen) die Auswirkungen von anthropogenen Aerosolen auf Extremniederschlag und Blitze untersuchen. In einer möglichen zweiten Phase können diese Untersuchungen auf die globale Skala ausgeweitet werden.

Mittelgeber: BMBF

Contrast between hemispheres in aerosol impact on cloud erosion (CHANCE)

Schlagworte: Neuseeland, Aerosol-Wolken-Wechselwirkungen, Hemisphärischer Unterschied

Projektleiter:

Koordinator: J. Quaas (johannes.quaas@uni-leipzig.de)
Gilles Bellon, University of Auckland (gilles.bellon@auckland.ac.nz)

Projektmitarbeiter: Samuel Kwakye (samuel.kwakye@uni-leipzig.de), Dr. Alice Henkes (alice.henkes@uni-leipzig.de)

Projektbeginn: 1. 4. 2020

Projektende: 31.12.2022

Beschreibung

Die Frage, wie anthropogene Verschmutzungspartikel, sogenannte Aerosole, Wolken, und dadurch die Energiebilanz des Erdsystems beeinflussen, ist eine der wichtigsten Fragen bezüglich der Physik des Klimawandels. Hierbei spielen vor allem niedrige Wolken eine Rolle, und der wichtigste Wolkentyp bezüglich des Einflusses auf die Strahlung sind Stratokumuluswolken. Besonders

interessant und mit besonders großer Unsicherheit behaftet ist dabei, inwiefern Stratokumulus auf einen anfänglichen Anstieg der Wolkentröpfchenkonzentration, Nd, aufgrund der anthropogenen Aerosolemissionen, reagieren (Wolkenanpassungen). Dabei sind zwei gegenläufige Senkenprozesse zu untersuchen: (i) Wolkenauflösung via Niederschlagsbildung – höhere Nd führen zu verzögterer Niederschlagsbildung, längerer Wolkenlebensdauer und damit zu einem stärkeren abkühlenden Effekt der Wolken. (ii) Wolkenauflösung durch turbulente Mischung mit der Umgebung und Tröpfchenverdunstung. Bei höherer Nd verdunsten die Tröpfchen durch größeres Oberfläche-Volumen-Verhältnis schneller – der gegenteilige Effekt. CHANCE baut auf neuen, komplementären Entwicklungen in Neuseeland und Deutschland auf: Neue Ansätze für die Darstellung und Untersuchung des Wolkenlebenszyklus anhand von hochaufgelösten Modelle (Auckland/NZ) sowie die führende universitäre Rolle in den Entwicklungen des ICON-Atmosphärenmodells (Leipzig/D). Dies ermöglicht wolkenauflösende – mit realistischer Darstellung der Wolkensenkenprozesse – bis globale Simulationen. CHANCE verbindet die Modellierung mit eingehenden Analysen von Beobachtungsdaten insbesondere von Satelliten und wird Stratokumulus für eine große Bandbreite an Wetterbedingungen und Aerosolkonzentrationen in den beiden unterschiedlichen Hemisphären simulieren; die beiden Wolkenauflösungsprozesse eingehend analysieren; die Modelle prozessorientiert mit Satellitendaten evaluieren und damit Modellverbesserungen vorschlagen; und schließlich den Aerosol-Wolken-Strahlungsantrieb quantifizieren.

Mittelgeber: BMBF

innovative Machine leaRning to constrain Aerosol-cloud CLimate Impacts (iMIRACLI)

Schlagworte: Aerosol-Wolken-Wechselwirkungen, Maschinelles Lernen, Datenwissenschaften

Projektleiter:

Koordinator: Philip Stier, Universität Oxford (philip.stier@physics.ox.ac.uk)
J. Quaas (johannes.quaas@uni-leipzig.de)

Projektmitarbeiter: Jessenia Gonzalez Villarreal (jessenia.gonzalezv@uni-leipzig.de)
Julien Lenhardt (julien.lenhardt@uni-leipzig.de)

Projektbeginn: 1.1.2020

Projektende: 31.12.2023 verlängert bis 30.6.2024

Beschreibung

Climate change is one of the most urgent problems facing mankind. Implementation of the Paris climate agreement relies on robust scientific evidence. Yet, the uncertainty of non-greenhouse gas forcing associated with aerosol-cloud interactions limits our constraints on climate sensitivity. Radically new ideas are required. While the majority of radiative forcing estimates are model based, model uncertainties remain too large to achieve the required uncertainty reductions. The quantification of aerosol cloud climate interactions in Earth Observation data is thus one of the major challenges of climate science. Progress has been hampered by i) the difficulty to disentangle aerosol effects on clouds and climate from their covariability with confounding factors, ii) retrieval issues, iii) a very low signal-to-noise ratio and on the other hand computationally, due to the scale of the “big” datasets (100s of Tb) and their heterogeneity.

Such “big data” challenges are not unique to climate science but occur across a wide range of data sciences. However, innovative techniques and tools developed by the data mining and machine learning community have not yet found their way into climate sciences and climate scientists are currently not trained to capitalise on these advances.

This Marie Curie ITN will train the next generation of climate & data scientists through synergies between climate research and modern data sciences. Its innovative training plan will match students (and supervisors) from climate and data backgrounds, provide them with training in state of the art data and climate science techniques which will be applied to key uncertainties in current climate research. Partners from the data-science and space industry will be closely involved in the projects and provide real-world training opportunities in a commercial context. This will produce a new generation of climate and data scientists, ideally trained for employment in science or commercial data applications.

Mittelgeber: Europäische Union, Horizon 2020, Marie Curie Innovative Training Network

Advancing the Science for Aviation and ClimAte (ACACIA)

Schlagworte: Einfluss von Flugverkehr auf Klima, Aerosol – Wolken – Wechselwirkungen, Kondensstreifen

Projektleiter:

Koordinator: Robert Sausen, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Institut für Physik der Atmosphäre (Robert.Sausen@dlr.de)
J. Quaas (johannes.quaas@uni-leipzig.de)

Projektmitarbeiterin: Sajedeh Marjani (sajedeh.marjani@uni-leipzig.de)

Projektbeginn: 1.1.2020

Projektende: 29.2.2024

Beschreibung

Non-CO₂ emissions of aviation may impact climate as much as aviation's carbon dioxide (CO₂) emissions do. However, the impact the non-CO₂ effects (e.g., ozone and methane from NOx emissions, contrails, indirect aerosol effects) is associated with much larger uncertainties, some of these effects might result in a relatively large cooling. ACACIA has four aims for scientifically based and internationally harmonised policies and regulations for a more climate-friendly aviation system. (1) We will improve scientific understanding of those impacts that have the largest uncertainty, in particular, the indirect effect of aviation soot and aerosol on clouds. (2) We will identify needs for international measurement campaigns to constrain our numerical models and theories with data and we will formulate several design options for such campaigns. (3) Putting all aviation effects on a common scale will allow providing an updated climate impact assessment. Uncertainties will be treated in a transparent way, such that trade-offs between different mitigation strategies can be evaluated explicitly. This helps our final aim (4) to provide the knowledge basis and strategic guidance for future implementation of mitigation options, giving robust recommendations for no-regret strategies for achieving reduced climate impact of aviation. To this end, ACACIA brings together research across scales (from plume to global scale), from the laboratory experiments to global models, and it proceeds from fundamental physics and chemistry

to the provision of recommendations for policy, regulatory bodies, and other stakeholders in the aviation business. Additionally, ACACIA will cooperate with international partners, both research institutions and organisations.

Mittelgeber: Europäische Union, Horizon2020

Modellierung von Aerosolen und Aerosol-Wolken-Wechselwirkungen in der Arktis (D02)
Modelling aerosols and aerosol-cloud interactions in the Arctic (D02)

Schlagworte: Arktischer Klimawandel, Aerosol-Wolken-Wechselwirkungen, Modellierung

Projektleiter: Johannes Quaas, Universität Leipzig (johannes.quaas@uni-leipzig.de)

Projektmitarbeiterin: Iris Papakonstantinou-Presvelou (i.presvelou@uni-leipzig.de)

Projektbeginn: 1.1.2016

Projektende: 31.12.2027

Beschreibung

In diesem Beitrag zum SFB/Transregio (AC)³ soll mit Hilfe von globaler Modellierung in Kombination mit verschiedenen Beobachtungen der Einfluss anthropogener Aerosole auf den arktischen Klimawandel untersucht werden. In Kooperation mit dem Leibniz-Institut für Troposphärenforschung liegt hierbei der Schwerpunkt auf dem Meridionaltransport der Aerosole (TROPOS) und der Wechselwirkung von Aerosol mit Wolken (LIM).

Mittelgeber: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) TRR 172 (AC)³

Arktische Rückkopplungsprozesse in Klimamodellen (E01)
Assessment of Arctic feedback processes in climate models (E01)

Schlagworte: Arktischer Klimawandel, Feedbacks, Modellierung

Projektleiter: Johannes Quaas, Universität Leipzig (johannes.quaas@uni-leipzig.de)

Projektmitarbeiterin: Olivia Linke (olivia.linke@uni-leipzig.de)

Projektbeginn: 1.1.2016

Projektende: 31.12.2027

Beschreibung

In diesem Beitrag zum SFB/Transregio (AC)³ sollen mit Hilfe von globaler Modellierung in Kombination mit verschiedenen Beobachtungen die verschiedenen Klima-Feedback-Mechanismen quantifiziert und in den Klimamodellen evaluiert werden. Spezielles Augenmerk ist hierbei in Kooperation mit der Uni Köln auf dem Wolken-Feedback.

Mittelgeber: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) TRR 172 (AC)³

Atmosphären-Modelldaten: Datenqualität, Kurationskriterien und DOI-Branding

Atmospheric model data: data quality, curation criteria, and doi-branding

Projektleiter: Prof. Dr. Johannes Quaas (johannes.quaas@uni-leipzig.de)

Projektmitarbeiter: Dr. Jan Kretzschmar (jan.kretzschmar@uni-leipzig.de)

Projektbeginn: 1.6.2019

Projektende: 31.05.2022

Beschreibung

Der Austausch und die Interpretation von Klimamodelldaten sind weit über die Klimaforschungsgemeinschaft hinaus von Bedeutung, werden jedoch aktuell durch das Fehlen übergreifender qualitätssichernder Maßnahmen und abgestimmter Kurationskriterien erschwert. In der Meteorologie und Klimaforschung bereits etablierte Datenqualitäts- und Datenkurationsstandards zur Gewährleistung effektiver Teil- und Nachnutzbarkeit der Forschungsdaten finden primär in großen, international koordinierten Modellvergleichsstudien (MIPs, z.B. Coupled Model Intercomparison Project - CMIP) ihre Anwendung. In diesem Vorhaben werden diese auf CMIP fußenden Standards und Konventionen im Austausch mit den Fachcommunities systematisch in weiteren Bereichen der Meteorologie und Klimaforschung angepasst: Zum einen an die Bedürfnisse kleinerer MIPs, für die eine volle CMIP-Adaptierung nicht sinnvoll erscheint und zu aufwändig ist. Zum anderen in der Stadtklimaforschung mit ihren sehr hochauflösenden Daten, einem Forschungsbereich ohne etablierten Datenstandard. Die Ergebnisse werden in der Praxis auf existierende Atmosphärenmodelldaten angewendet (Datenaufbereitung sowie Langzeitarchivierung) und auf ihre universelle Nutzbarkeit hin evaluiert. Die Ergebnisse etablieren zudem auf weitere Bereiche der Klimaforschung anwendbare Blaupausen für Kurationskriterien und Standardisierungen, die eine Reproduzierbarkeit und Prüfbarkeit signifikant erhöhen und darüber hinaus eine interdisziplinäre Nachnutzung von Klimamodelldaten unterstützen. Darüber hinaus wird, um Nachnutzern die Auswahl von Forschungsdaten zu erleichtern, zum einen eine fachspezifische Erweiterung des DataCite Metadatenschemas vorgenommen. Eine zwingend mit einem DOI-Branding verbundene, für Nutzer deutlich sichtbare, anspruchsvollere Qualitätsprüfung für disziplinspezifische Daten und Kurationsprozesse stärkt die Wertigkeit der DataCite DOIs und erhöht das Vertrauen bei der Nachnutzung. Zum anderen wird im Sinne der FAIR-Prinzipien ein maschinenlesbares Fachvokabular auf Basis von DCAT (W3C Data Catalog Vocabulary) bereitgestellt. Eine nachhaltige Anwendung des universellen Datenstandards, der Prozesse zur Kuratierung und Qualitätssicherung sowie auch die Vergabe fachspezifischer DataCite DOI's werden durch die Angebote der beiden beteiligten Infrastrukturdienstleister dauerhaft gesichert und die Etablierung über den Bereich der Meteorologie und Klimaforschung hinaus ermöglicht. Die Verbindung von national und international stark vernetzten Partnern aus der Klimaforschung (Universität Hamburg, Universität Leipzig) mit einem Infrastrukturbetreiber aus der Klimaforschung (DKRZ) sowie der Zentralen Fachbibliothek für Technik und Naturwissenschaften (TIB) im AtMoDat-Konsortium bürgt für eine hochwertige, alle Aspekte dieses Vorhabens abdeckende Kompetenz und eine weitreichende, nachhaltige Aufnahme der Ergebnisse in diesem Forschungsgebiet. AtMoDat ist darüber hinaus fachübergreifend Impulsgeber für Verbesserungen im Forschungsdatenmanagement.

Mittelgeber: BMBF Bundesministerium für Bildung und Forschung, 16QK02B

Besser bestimmtes Aerosolforcing für verbesserte Klimaprojektionen (FORCES)

Constrained aerosol forcing for improved climate projections (FORCES)

Projektleiter: Prof. Dr. Johannes Quaas (johannes.quaas@uni-leipzig.de)

Projektmitarbeiter: Dr. Dipu Sudhakar (dipu.sudhakar@uni-leipzig.de)

Enrico Metzner (enrico.metzner@uni-leipzig.de)

Iris Papakonstantinou-Presvelou (iris.presvelou@uni-leipzig.de)

Projektbeginn: 1.10.2019

Projektende: 28.02.2024

Beschreibung

FORCES strebt eine bessere Quantifikation des Klimaantriebs durch Aerosole an, mit dem Ziel, Klimavorhersagen zu verbessern.

Description

FORCES aims at constraining the aerosol-climate forcing in order to improve climate projections.

Mittelgeber: Europäische Union

Besser bestimmte Unsicherheit für multi-dekadische Klimavorhersagen (CONSTRAIN)

Constraining uncertainty of multi decadal climate projections (CONSTRAIN)

Projektleiter: Prof. Dr. Johannes Quaas (johannes.quaas@uni-leipzig.de)

Projektmitarbeiterin: Dr. Karoline Block (karoline.block@uni-leipzig.de)

Olivia Linke (olivia.linke@uni-leipzig.de)

Projektbeginn: 1.6.2019

Projektende: 31.12.2023

Beschreibung

Verschiedene unsichere Aspekte in multi-dekadischen Klimavorhersagen werden in CONSTRAIN besser bestimmt, darunter effektiver Strahlungsantrieb und transiente Klimasensitivität.

Description

Several uncertain aspects for multi-decadal climate projections will be constrained in CONSTRAIN, among which the effective radiative forcing and transient climate sensitivity.

Mittelgeber: Europäische Union

FOR 2820 Teilprojekt: Einfluss von Vulkanen auf Wolken (VolCloud)

FOR 2820 Teilprojekt: Cloud response to Volcanic eruptions (VolCloud)

Projektleiter: Prof. Dr. Johannes Quaas (johannes.quaas@uni-leipzig.de)**Projektmitarbeiterin:** Mahnoosh Haghightnasab (mahnoosh.haghightnasab@uni-leipzig.de)**Projektbeginn:** 1.3.2019**Projektende:** 30.11. 2022**Beschreibung**

Wolken spielen eine Schlüsselrolle für die Energiebilanz der Erde. Sie reagieren auf Änderungen in Aerosolen auf verschiedene Weise, und diese Reaktionen sind jeweils einerseits mit großen Unsicherheiten behaftet und andererseits potentiell sehr relevant in ihrer Auswirkung auf Energiebilanz und Klima. (i) Flüssigwasserwolken werden von Aerosol, das als Wolkenkondensationskeim (CCN) dient, verändert. Die Tröpfchenkonzentration wird vergrößert, und dies hat Veränderungen von mikrophysikalischen Wolken- und Niederschlagsprozessen einerseits, und Wolkendynamik (etwa das Einmischen von trockener Umgebungsluft) andererseits zur Folge. Hierbei ist es vor allem wichtig, die Änderung von Bedeckungsgrad und Flüssigwasserweg der Wolken zu quantifizieren. (ii) Eis- und Mischphasenwolken werden, je nach Eisbildungsmechanismus, durch CCN, aber auch Eiskeime verändert. Veränderungen der komplexen Wolken- und Niederschlagsprozesse sind die Folge. (iii) Die Störung der Energiebilanz bedeutet Änderungen in thermodynamischen Profilen und Zirkulation durch schnelle Anpassungen, auf die Wolken wiederum reagieren. Es ist die Summe aus den ursprünglichen Wolkenänderungen und diesen Anpassungen, aus denen sich die effektive Änderung der Strahlungsbilanz zusammensetzt. (iv) Wird hochreichende Konvektion beeinflusst, können Gewitter sich intensivieren, und der Transport zwischen Troposphäre und Stratosphäre kann verändert werden. Dies hat möglicherweise bedeutende Auswirkungen auf die Zirkulation und das Klima. Diese Fragestellungen sind besonders im Kontext von Vulkanausbrüchen relevant: (a) ein Vulkanausbruch bedeutet eine vergleichsweise gut definierte und gegebenenfalls bedeutende Störung des atmosphärischen Aerosols, aus exogener Quelle. Die Beobachtung der Wolkenreaktion auf einen Vulkanausbruch ist daher eine einzigartige Gelegenheit, um Aerosol-Wolken-Niederschlags- Wechselwirkungen zu untersuchen. (b) Die Reaktion der Wolken beeinflusst die Auswirkung des Vulkanausbruchs auf die Strahlung. Es ist daher essentiell, die Wolkenreaktion angemessen zu quantifizieren, um die Klimawirkung zu beurteilen. VolCloud geht diese Fragen und Herausforderungen an, indem drei verschiedene Typen von Vulkanausbrüchen in der Vergangenheit untersucht werden (eine massive Änderung des troposphärischen Sulfats durch den Holuhraun; eine Eruption, die auch Eiskeime emittiert hat, von Eyjafjallajökull; sowie die größte von Satelliten beobachtete Eruption, Mt. Pinatubo). Hierbei werden Modellsimulationen mit detaillierter Darstellung von Wolken und Aerosol mit Wolkensystem-auflösender Diskretisierung (ICON-NWP-ART, 2 km Auflösung) in Kombination mit Satellitebeobachtung aus passiver und – soweit verfügbar – aktiver Fernerkundung. VolCloud arbeitet eng mit den anderen VollImpact-Projekten zusammen, wobei insbesondere die Möglichkeiten der höheraufgelösten, aber beschränkteren Simulationen einerseits und der größer aufgelösten, aber globalen Simulationen einerseits ausgewertet werden.

Description

Clouds are a key modulator of the Earth energy budget. They respond to perturbations in aerosol in various ways, and all these pathways are uncertain yet of potentially very large importance when assessing the impact of the aerosol perturbation on the Earth energy budget and on climate. (i) Liquid-water clouds respond to the perturbation in aerosols serving as cloud condensation nuclei (CCN). Cloud droplet number concentration is perturbed, and this entails perturbations to cloud- and precipitation microphysical processes, but also to cloud dynamics responses (e.g. altered entrainment rates of dry air into the clouds). The most relevant question is how cloud fraction and cloud liquid water paths respond to this perturbation. (ii) Ice- and mixed- phase clouds respond to both CCN and ice nucleating particle concentration changes, depending on the ice formation mechanism. Modifications of intricate cloud and precipitation processes follow. (iii) The change in the energy budget leads to alterations in thermodynamic profiles and in atmospheric circulation via rapid adjustments, and clouds respond to these as well. It is the sum of the initial cloud perturbation and these adjustments that composes the effective perturbation of the Earth energy budget. (iv) When deep convective clouds are altered, thunderstorms may become more intense, and transport from the troposphere into the stratosphere may be altered, with strong consequences for circulation and climate. These questions are particularly relevant when considered in the context of volcanic eruptions for two reasons: (a) the volcanic eruption is a relatively well-defined and occasionally strong perturbation to the atmospheric aerosol concentration that is exogenous to the atmosphere system. The observation of the cloud response to volcanic eruption thus is a unique opportunity to study the aerosol- cloud-precipitation interactions. (b) the cloud response may strongly modulate, and likely enhance, the radiative impact of a volcanic eruption. It is thus crucial to adequately quantify the cloud response, in order to assess the climate response. VolCloud will address these questions and challenges by investigating three different types of past volcanic eruptions (a massive sulfur perturbation to the troposphere, Holuhraun; an eruptive perturbation that also emitted INP, Eyjafjallajökull; and the largest eruption in the satellite era, Mt. Pinatubo) using model simulations with a detailed cloud and aerosol representation, resolving cloud systems (ICON-NWP-ART at 2 km resolution), in combination with satellite observations from passive and – where available – active remote sensing. VolCloud intensely collaborates with the other projects within VollImpact, reaching out to what can be learned from simulations at finer but in extent more limited, and coarser but global scale.

Mittelgeber: DFG Deutsche Forschungsgemeinschaft ,QU 311/23-1

Klimamodell-PArmetrisierungen – Revision mit Hilfe von RAdar (PARA)

Climate model PArmetrizations informed by RAdar (PARA)

Projektleiter: Prof. Dr. Johannes Quaas (johannes.quaas@uni-leipzig.de)

Projektmitarbeiterin: Sabine Hörnig (sabine.hoernig@uni-leipzig.de)

Projektbeginn: 1.1.2019

Projektende: 30.06.2022

Beschreibung

Die adäquate Darstellung diabatischer Wolken- und Niederschlagsprozesse ist eine besondere Herausforderung für Klimamodelle, da diese räumlich nicht aufgelösten Prozesse mittels

subskaliger Parameterisierungen repräsentiert werden. Diese müssten mit Hilfe von Beobachtungen und/oder prozessauflösenden Simulationen erstellt und evaluiert werden. Radarpolarimetrie liefert die am Besten geeingeten Beobachtungen für die Wolken- und Niederschlagsmikrophysik dank der Ableitung mikrophysikalischer Zustandsgrößen und der Prozesserkennung. In der ersten Phase von PROM wird das Projekt PARA die räumliche Heterogenität des Eiswassergehalts sowie die Niederschlagsbildung über die Eisphase betrachten; in der zweiten Phase wird die Betrachtung von Mischphasenprozessen wie Bereifung, und die Rolle der Variabilität der Partikelanzahlkonzentration hinzukommen. PARA betrachtet dabei mit Hilfe von polarimetrischen Radarbeobachtungen und der Evaluierung und Revision der Parametrisierungen im ICON-Klimamodell die vier Prozesse, die für die Bestimmung von aus der Eisphase gebildeten Niederschlag am Boden relevant sind: (i) die Eisbildung und die räumliche Heterogenität des Eiswassergehalts auf bezüglich des ICON-GCM subskaligen Dimensionen, (ii) die Rolle dieser Variabilität für die Schneebildung durch den Aggregationsprozess, (iii) das Schmelzen von Schnee bei Temperaturen über 0°C, und (iv) die Verdunstung von Regen unterhalb der Schmelzsicht.

Description

An adequate representation of moist diabatic processes in clouds and precipitation in climate models is challenging, because these spatially unresolved processes are subject to sub-grid parameterizations, which must be informed by observations and/or models resolving these processes. Radar polarimetry provides most suitable observations on cloud and precipitation microphysics via microphysical retrievals and process fingerprints. PARA will focus in Phase I of PROM on ice water content heterogeneity and precipitation generation via the ice phase and concentrate on mixed-phase processes including riming and the role of particle number concentration variability in Phase II. PARA will investigate four processes both by polarimetric radar retrievals and the evaluation and revision of their representation in the ICON general circulation model: (i) ice generation and spatial heterogeneity of ice water content at ICON-GCM sub-grid scales, (ii) the role of both in snow formation like aggregation, (iii) melting of snow falling through the 0°C isotherm, and (iv) evaporation of rain below the melting layer.

Mittelgeber: DFG Deutsche Forschungsgemeinschaft, QU 311/21-1

Wolkentröpfchenanzahlkonzentration aus mit Atmosphärenmodellierung verbesserten Satellitenbeobachtungen für die Analyse von Aerosol-Wolken-Wechselwirkungen (CDNC4aci)

Cloud Droplet Number Concentration – satellite retrievals Advanced by Atmospheric models for Assessing Aerosol-Cloud Interactions (CDNC4aci)

Projektleiter: Prof. Dr. Johannes Quaas (johannes.quaas@uni-leipzig.de)

Projektmitarbeiter: Dr. Tom Goren (tom.goren@uni-leipzig.de)

Projektbeginn: 1.4.2021

Projektende: 31.12.2024

Beschreibung

Die Wechselwirkungen zwischen Aerosolen und Wolken führen zu einem effektiven Strahlungsantrieb, der eine wesentliche Unsicherheit beim Verständnis und Interpretation des beobachteten Klimawandels darstellt. Es werden globale Daten benötigt, um die relevanten

Prozesse besser zu quantifizieren, aber eine Schlüsselgröße - die Konzentration der Wolkentröpfchenzahl (CDNC, Nd) - ist in operationellen Produkten nicht verfügbar. Aufbauend auf Vorarbeiten wird CDNC4aci in enger Wechselwirkung zwischen Beobachtungen und Modellen auf zuverlässige Nd-Werte von Satelliten hinarbeiten: Neu verfügbare wolkenauflösende Simulationen ermöglichen die Entwicklung und Verfeinerung der Retrievals. Diese Daten werden umgekehrt dazu verwendet, das Verständnis und die Quantifizierung der Aerosol-Wolken-Wechselwirkungen im Modell und bei der statistischen Analyse zu verbessern. Konkret wird das Projekt multi-angulare und polarimetrische Beobachtungen für bessere Nd-Daten einbeziehen, es wird die Retrievalansätze unter Verwendung einer modellgestützten vertikalen Wolkenschichtung in Abhängigkeit vom Wolkenregime überarbeiten. Das Projekt wird die Informationen über Wolkenprozesse in den Daten mit Hilfe von Modellsensitivitätsanalysen untersuchen, es wird Modell und Daten durch Vorwärtssimulationen vergleichbar machen und die Aerosol-Wolken-Wechselwirkungen in einem globalen Modell, das unter Verwendung der Daten und des Prozessverständnisses verbessert wird, analysieren. Das Ziel ist eine konsistente Quantifizierung des Aerosol-Wolken-Antriebs zwischen Modell und Datenanalyse.

Description

Aerosol-cloud interactions imply an effective radiative forcing that is a key uncertainty when understanding and interpreting observed climate change. Global data are needed to better quantify the relevant processes, but a key quantity – the cloud droplet number concentration (CDNC, Nd) – is not available from operational products. Building on preliminary work, CDNC4aci will work towards reliable retrievals of Nd from satellites in close observations – model interaction: newly-available cloud-resolving simulations will inform the retrieval development and refinement, and the data, in turn, will be used to improve understanding and quantification of aerosol-cloud interactions in the model and from statistical analysis. Specifically, the project will include multi-angle and polarimetric observations for better Nd data, it will revise retrieval approaches using model-informed cloud vertical stratification conditioned on cloud regime and thoroughly quantify and correct retrieval errors and biases and assess aerosol-cloud interaction processes from data. The project will assess the cloud-process information in the retrieved data using model sensitivity analyses, it will make model and data comparable by forward-simulating measured polarized radiances and retrieval products, and assess aerosol-cloud interactions in a global model evaluated using the data and the process understanding in model-data assessment. The final goal is a consistent quantification of the aerosol-cloud forcing between model and data analysis.

Mittelgeber: DFG Deutsche Forschungsgemeinschaft, QU 311/27-1

Wolkenänderungen durch die Umkehr des Aerosoltrends über China: Beobachtungsdaten – Modell Synergie von regionaler zu großer Skala (Cloudtrend)

Cloudiness change with aerosol trend reversal over China: data-model synergy from regional to large scale (Cloudtrend)

Projektleiter: Prof. Dr. Johannes Quaas (johannes.quaas@uni-leipzig.de)

Projektmitarbeiterin: Dr. Hailing Jia (hailing.jia@uni-leipzig.de), Dr. Dipu Sudhakar

Projektbeginn: 1.4.2021

Projektende: 28.2.2025

Beschreibung

Die Reaktion von Wolken auf anthropogene Änderungen der Atmosphärenzusammensetzung stellt eine große Unsicherheit bei der Quantifizierung des globalen Klimawandels dar. Ein sehr wichtiger Aspekt dabei ist die Änderung von Wolken durch Aerosolemissionen. In Bezug auf diese Aerosol-Wolken-Wechselwirkungen hat sich in neuen Studien herausgestellt, dass die wesentliche Unbekannte die Änderung der horizontalen Wolkenausdehnung (Bedeckungsgrad) in Anpassung an Wolkentröpfchenkonzentrationsänderungen ist. Cloudtrend wird das Verständnis und die Quantifizierung dieses Problems substantiell verbessern, indem es auf drei Schlüsseledeen aufbaut: (i) die stark ansteigenden und dann abnehmenden anthropogenen Aerosolemissionen über China im 21. Jahrhundert bieten eine einzigartige Gelegenheit für die Detection und Attribution von aerosolabhängigen Wolkenänderungen in Beobachtungsdaten, die für diese Periode in hoher Qualität vom Boden und von Satelliten zur Verfügung stehen; (ii) neue Modellier- und Datenanalysewerkzeuge stehen zur Verfügung, einschließlich verbesserter Satellitedaten für Wolkenmikrophysik und Wolkenregimedefinitionen, sowie die CMIP6 Multi-Modell-Daten; und (iii) die Datenanalyse und Klimamodellierung auf großer Skala kann dank neuer Ansätze aus maschinellem Lernen systematisch von den hochauflösten regionalen Daten und Modellen lernen. Das Projekt wird durch die Synergie in der Expertise an der Nanjing University of Information Science and Technology (Schwerpunkt auf den regionalen Referenzdaten und -modellen) und der Universität Leipzig (Schwerpunkt auf der großen Skala) möglich gemacht.

Description

The response of clouds to anthropogenic changes in atmospheric composition constitutes a large uncertainty when quantifying the effective forcing of global climate change. One key element is the response of clouds to aerosol emissions. In these aerosol-cloud interactions, it emerges currently as the key question how cloud horizontal extent, or cloud fraction, changes in adjustment to cloud droplet number concentration changes. Cloudtrend will substantially improve the understanding and quantification for this problem by building on three key ideas: (i) the very strong increasing then decreasing trends in anthropogenic aerosol emissions over China in the 21st Century provide a unique opportunity for a detection and attribution of aerosol-induced cloudiness changes in the high-quality data available from the surface and from satellites; (ii) new modelling and data analysis tools are available, including better satellite retrievals of cloud microphysics and new regime definitions, as well as the new CMIP6 multi-model data; and (iii) the large-scale data analysis and global climate modelling is proposed to systematically learn from the regional, high-quality data and modelling. The project is possible thanks to the synergy between the expertise in the teams at the Nanjing University of Information Science and Technology (regional focus) and the University of Leipzig (large-scale focus).

Mittelgeber: DFG Deutsche Forschungsgemeinschaft, QU 311/28-1

Wechselwirkung zwischen meridionalen Ozean-Wärmetransporten und regionalen Prozessen im Arktischen Ozean (D04)

Interaction of meridional ocean heat transports and regional processes in the Arctic Ocean (D04)

Projektleiter: Prof. Dr. Rüdiger Gerdes, Alfred-Wegener-Institut, Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung, Prof Dr. Torsten Kanzow, Alfred-Wegener-Institut, Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung, Dr. Marc Salzmann (marc.salzmann@uni-leipzig.de)

Projektmitarbeiter: Enrico Paul Metzner (enrico.metzner@uni-leipzig.de), Finn Heukamp, Alfred-Wegener-Institut, Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung

Projektbeginn: 1.1.2020

Projektende: 31.12.2027

Beschreibung

In diesem Teilprojekt sollen die ozeanischen Prozesse besser verstanden werden, welche die Reaktion des arktischen Klimasystems (insbesondere Wärmeffüsse zwischen Ozean und Atmosphäre) auf die Erwärmung der Atmosphäre aufgrund von Treibhausgasen ausmachen. Hierfür sollen regionale und globale Modelle genutzt sowie existierende Ergebnisse von globalen Klimamodellen analysiert werden. Ein Fokus wird auf der Barentssee liegen, wo starke Oberflächen-Wärmeffüsse den Export von Wasser und Meereis an der Meeresoberfläche fördern. Dieser Export wird durch das entsprechende Einströmen atlantischen Wassers kompensiert, welches den positiven Rückkopplungskreislauf schließt. Diese Prozesse können aufgrund ihres Einflusses auf die Schichtung des Ozeans und der Entstehung Wassers hoher Dichte zur weiteren Erwärmung der Arktis beitragen.

Description

This project investigates the oceanic processes which shape the response of the arctic climate system (especially ocean-atmosphere heat fluxes) to greenhouse gas warming using regional and global climate models and analyzing existing model results. A focus will be on the Barents Sea, where strong surface heat fluxes promote the export of water and sea ice at the surface. This export is compensated by inflow of Atlantic water, closing a positive feedback loop. Due to their influence on the ocean stratification and the formation of high density waters these processes can contribute to increased Arctic warming.

Mittelgeber: DFG Projekt Nummer 423239633

FOR 2820 Teilprojekt: Einfluss von Vulkanen auf Wolken (VolCloud)

FOR 2820 Teilprojekt: Cloud response to Volcanic eruptions (VolCloud)

Projektleiter: Prof. Dr. Johannes Quaas (johannes.quaas@uni-leipzig.de)

Projektmitarbeiterin: Charlotte Lange (charlotte.lange@uni-leipzig.de)

Projektbeginn: 1.10.2022

Projektende: 30.9.2025

Beschreibung

Wolken sind eine Schlüsseldeterminante des Energiehaushalts der Erde. Um die Auswirkungen von Vulkanausbrüchen auf das Klima zu verstehen und zu quantifizieren, ist es daher unerlässlich, die Auswirkungen der in die Troposphäre emittierten Aerosole auf Wolken zu quantifizieren, sowie die Reaktion der Wolken auf Zirkulationsänderungen. Allerdings sind Aerosol-Wolken-Wechselwirkungen auf grundlegender Ebene nicht gut quantifiziert. Das Feld, die Aerosol-Wolken-

Wechselwirkungen erforscht, wendet sich nun zunehmend Beobachtungen und Simulationen von Wolken zu, die von vulkanischem Aerosol beeinflusst bzw. unbeeinflusst sind, um Wolkenveränderungen zu erkennen und zuzuordnen. Ein Vulkanausbruch ist ein ideales „natürliches Labor“, da es eine wetterunabhängige Aerosolstörung erzeugt. VolCloud hat somit eine zweifache, iterative Rolle innerhalb von VollImpact: Es verschiebt die Grenzen von Wissen darüber, wie Wolken auf Aerosole reagieren, durch Modell- und Datenanalyse der Reaktion von Wolken zu vulkanischem Aerosol, und es nutzt dieses verbesserte Wissen, um dabei zu helfen, den durch Vulkanausbrüche ausgeübten effektiven Strahlungsantrieb insgesamt zu quantifizieren. Spezifische Ziele in Phase II sind (i) zu lernen, wie Grenzschichtwolken in den (Sub-)Tropen auf Aerosole reagieren, indem die mikrophysikalische und die grenzschichtdynamische Antwort an der untersucht werden, u.a. am Beispiel der Kilauea-Eruption 2020; um (ii) die Reaktion von Eiswolken besser zu verstehen und zu quantifizieren und Mischphasenwolken durch Implementierung und Bewertung neuer Parametrisierungen der Eiskeimbildung für vulkanisches Aerosol und Bewertung der Rolle von semi-direkten Effekten; und um (iii) die Gesamtänderung von Wolkenfeldern zu quantifizieren, indem das Projekt zur VolSeamless-Simulation und ihrer Analyse beiträgt. Diese Arbeit wird in enger Interaktion innerhalb von VollImpact durchgeführt, insbesondere mit VolARC und VolPlume; sowie in internationaler Zusammenarbeit insbesondere mit Gruppen in Großbritannien.

Description

Clouds are a key determinant of the Earth energy budget. In order to understand and quantify the impact of volcanic eruptions on climate, it is thus imperative to quantify the effects aerosols emitted to the troposphere have on clouds, as well as the cloud response to circulation changes. However, aerosol-cloud interactions are not well quantified at a fundamental level. The community researching aerosol-cloud interactions now increasingly turns to observations and simulations of clouds affected and unaffected by volcanic aerosol to detect and attribute changes. A volcanic eruption is an ideal “natural laboratory”, since it generates an aerosol perturbation that is independent of weather conditions. VolCloud thus has a two-fold, iterative role within VollImpact: it pushes the limits of knowledge on how clouds respond to aerosols by model and data analysis of the response of clouds to volcanic aerosol, and it makes use of this improved knowledge to help quantify the overall effective radiative forcing exerted by volcanic eruptions. Specific targets in phase II are to (i) learn about how boundary-layer clouds in the (sub-)tropics respond to aerosol by studying the microphysical and the boundary-layer-dynamics response at the example of the Kilauea eruption 2020; to (ii) better understand and quantify the response of ice and mixed-phase clouds by implementing and evaluating new ice nucleation parameterisations for volcanic aerosol, and assessing the role of semi-direct effects; and to (iii) quantify the overall cloud response by contributing to the VolSeamless simulation and its analysis. This work is performed in close interaction within VollImpact in the common research projects, and specific cross-project collaboration especially with VolARC and VolPlume; as well as in international collaboration in particular with groups in the UK.

Mittelgeber: DFG Deutsche Forschungsgemeinschaft ,QU 311/23-2

WarmWorld, Modul Kalibrieren der Flüssigwasserwolkenmikrophysik in ICON
WarmWorld, Module BetterCalibration of liquid-cloud microphysics in ICON (WarmWorld)

Schlagworte: Kilometerauflösende Klimamodellierung, Wolkenparametrisierung

Projektleiter:

Koordinator: Bjorn Stevens, Max-Planck-Institut für Meteorologie
<bjorn.stevens@mpimet.mpg.de>
J. Quaas (johannes.quaas@uni-leipzig.de)

Projektmitarbeiter: Dr. Karoline Block (karoline.block@uni-leipzig.de)

Projektbeginn: 1.3.2023

Projektende: 28.2.2027

Beschreibung

Das Ziel des Projekts WarmWorld_Better_UL ist eine verbesserte Darstellung der Energieflüsse insbesondere an der Ozeanoberfläche. Hierzu soll eine Verbesserung der Simulation von Wolken- und Niederschlagsprozessen erreicht werden, die mit der Evaluation der Strahlungsflüsse am Oberrand der Atmosphäre und an der Ozeanoberfläche im Vergleich zu Satellitenbeobachtungen nachgewiesen wird. Konkret soll die Mikrophysik verbessert werden, indem (1) die vorgeschriebenen Wolkenkondensationskeim- bzw. Wolkentröpfchenanzahlkonzentrationen durch verbesserte Randbedingungen ersetzt werden, indem (2) experimentell untersucht wird, welches Verbesserungspotential durch die Berücksichtigung subskaliger Variabilität erreicht werden kann, und indem (3) systematisch die empirischen Parameter konkret in der Autokonversion kalibriert werden. Dies wird zunächst in konkreten Test-Simulationen erreicht und dann auf die globale Simulation generalisiert. Das Projekt ist in enger Zusammenarbeit in der Action group ICON im Modul Better geplant und hier insbesondere in direkter Kooperation mit dem Projekt WarmWorld_Better_KIT.

Description:

The aim of the project is to improve the depiction of energy fluxes, especially at the ocean surface. For this purpose, an improvement of the simulation of cloud and precipitation processes is to be achieved, which will be demonstrated with the evaluation of radiative fluxes at the upper edge of the atmosphere and at the ocean surface in comparison to satellite observations. Specifically, the microphysics will be improved by (1) replacing the prescribed cloud condensation nuclei or cloud droplet number concentrations with improved boundary conditions, (2) experimentally investigating the potential for improvement that can be achieved by taking subscale variability into account and (3) systematically calibrating the empirical parameters concretely in autoconversion. This is first achieved in concrete test simulations and then generalised to the global simulation. The project is planned in close cooperation in the action group "ICON" in the module "Better" and here in particular in direct cooperation with the project WarmWorld_Better_KIT.

Mittelgeber: BMBF

Junior-Professorin Dr. Heike Kalesse-Los

Fernerkundung; Heike Kalesse-Los
AG Fernerkundung der Atmosphäre und das Arktische Klimasystem

Verbesserung der Leistungsprognose von Photovoltaikanlagen zur Unterstützung der Energiewende und Untersuchungen von Aerosol-Wolken-Wechselwirkungen PV-WOV

Improvement of the performance forecast of photovoltaic systems to support the energy transition and investigation of aerosol-cloud interactions PV-WOV

Schlagworte: bodengebundene und satellitengestützte Fernerkundung, Leistungsprognose erneuerbare Energien, Einfluss von Bewölkungsart auf Leistung von Photovoltaikanlagen

Projektleiter: H. Kalesse-Los (heike.kalesse@uni-leipzig.de), M. Tesche (matthias.tesche@uni-leipzig.de), J. Quaas (), M. Schäfer (michael.schaefer@uni-leipzig.de), M. Wendisch (m.wendisch@uni-leipzig.de), A. Foth (andreas.foth@uni-leipzig.de)

Projektmitarbeiter: AP1: J. Withuhn (jonas.witthuhn@uni-leipzig.de), AP2: T. Vogl (teresa.Vogl@uni-leipzig.de)

Projektbeginn: 1.1.2023

Projektende: 31.12.2024

Beschreibung

Die bodengebundene und satellitengestützte Fernerkundung der Atmosphäre dient der angewandten Forschung im Bereich von Strahlung, Aerosolen und Wolken sowie deren Wechselwirkung. Sie liefert zudem wichtige Informationen für die Leistungsprognose erneuerbarer Energien. Die Art der Bewölkung moduliert den am Boden ankommenden Betrag der Solarstrahlung und beeinflusst damit die erzeugte Leistung von Photovoltaik (PV)-Anlagen. Situationen mit durchbrochener Bewölkung stellen dabei besondere Herausforderungen dar.

Ursachen sind die extrem hohe Variabilität der Solarstrahlung, durch an Wolkenrändern reflektierte Strahlung sowie durch den Einfluss von Aerosolpartikeln in Wolkennähe. Mittels zeitlich hochauflöster Solarstrahlungsmessungen mit einem räumlich verteilten Pyranometer-Netzwerk können die Strahlungsvariabilität für verschiedene Situationen und insbesondere durchbrochene Bewölkung charakterisiert werden. Derartige Erkenntnisse sind für die Planung und Dimensionierung von PV-Standorten und Stromnetzen bedeutsam, und liefern zusätzlich wissenschaftlich relevante Einblicke in Aerosol-Wolken-Wechselwirkungen.

Die zu verwendenden zeitlich und räumlich hochauflösten Satellitenbeobachtungen ermöglichen zudem nie dagewesene Arbeiten zum Studium des Verhaltens von Wolkeneigenschaften über den Lebenszyklus einzelner Wolken sowie zum Einfluss von Aerosolpartikeln auf die Eigenschaften der betrachteten Wolken.

Das Projekt ist in zwei Arbeitspakete unterteilt:

AP1: Einfluss von Strahlungseffekten durchbrochener Bewölkung auf die PV-Leistung

AP2: Verbesserung der Kurzfristvorhersage der Leistung von PV-Anlagen

Description

Ground-based and satellite-based remote sensing of the atmosphere is used for applied research in the field of radiation, aerosols and clouds and their interaction. It also provides important information for predicting the performance of renewable energies. The type of cloud cover affects the amount of solar radiation reaching the ground and therefore the power generated by photovoltaic (PV) systems.

Situations with broken cloud cover pose a particular challenge. This is due to the extremely high variability of solar radiation, the radiation reflected at the edges of the clouds and the influence of aerosol particles in the vicinity of the clouds. High-resolution solar radiation measurements with a spatially distributed pyranometer network can be used to characterize the radiation variability for different situations and in particular for broken clouds. Such findings are important for the planning and dimensioning of PV sites and power grids and also provide scientifically relevant insights into aerosol-cloud interactions.

The temporally and spatially high-resolution satellite observations to be used also make it possible to investigate the behavior of cloud properties over the life cycle of individual clouds and the influence of aerosol particles on the properties of the clouds under consideration in an unprecedented way.

The project is divided into two work packages:

WP1: Influence of radiation effects of broken clouds on PV performance

WP2: Improving the short-term prediction of PV system performance

Mittelgeber: ESF - Sächsische Aufbaubank (SAB), Antragsnummer: 100339509

PICNICC - Durch CCN und INP beeinflusste Polarimetrie in Zypern und Chile – Abschätzung von hemisphärischen Kontrasten in radarpolarimetrischen Größen und deren Beziehung zu Unterschieden in der Aerosolbelastung

Polarimetry Influenced by CCN and INP in Cyprus and Chile (PICNICC):

An assessment of hemispheric cloud polarimetric contrasts and its relation to differences in aerosol load

Schlagworte: Radarpolarimetrie, DACAPO-PESO, Wolkenmikrophysik, Aerosol-Wolken-Wechselwirkung

Projektleiter: H. Kalesse-Los (heike.kalesse@uni-leipzig.de)

Dr. P. Seifert, Leibniz Institut für Troposphärenforschung (TROPOS)

Projektmitarbeiter: Prof. J. Quaas (johannes.quaas@uni-leipzig.de)

Teresa Vogl (teresa.vogl@uni-leipzig.de), A. Teissiere (TROPOS)

Projektbeginn: 1.11.2018

Projektende: 31.12.2023

Beschreibung

Das Verständnis von mikrophysikalischen Wachstumsprozessen in Mischphasenwolken wie Aggregation und Bereifung beruht auf einer gründlichen Charakterisierung der in der Wolke vorhandenen Flüssigphase. In dieser Studie wird eine einzigartige Messmöglichkeit mit einer erweiterten Fernerkundungsinstrumentensuite genutzt, die polarimetrische Radarbeobachtungen bei mehreren Wellenlängen auf der Nord- und Südhalbkugel beinhaltet, um die Millimeterwellenlängen-Radarpolarimetrieforschung für mikrophysikalische Prozessstudien voranzubringen. Die übergeordnete Hypothese, die in diesem Projekt untersucht wird, ist, dass Mischphasen-Wolkenprozesse anfällig für Aerosolstörungen sind. Wir postulieren, dass:

A) Die Aggregation wird bei hohen Aerosolbelastungen und damit verbundenen höheren INP (Ice Nucleating Particle)-Konzentrationen häufiger erfolgen, da höhere Eiskristallkonzentrationen die Aggregation begünstigen.

B) Bereifung von Eiskristallen wird häufiger auftreten, wenn aufgrund einer Knappheit von INP anhaltende unterkühlte Flüssigkeitsschichten auftreten.

Um diese Hypothesen anzugehen, wird die Häufigkeit des Auftretens von Aggregation und Bereifung in mehrjährigen Datensätzen charakterisiert, die bei Feldexperimenten in der Aerosol-Lasten-Atmosphäre über Limassol, Zypern und der unberührten Region Punta Arenas, Chile, erhalten wurden und werden. Die beobachtete Reaktion von Mischphasen-Wolkenprozessen auf Aerosolstörungen wird im Zusammenhang mit einer Modellsensitivitätsstudie von Simulationen mit einer wolkensystemauflösenden (1 km) Version des ICON-NWP für die gesamten Beobachtungszeiträume für regionale Bereiche um die Beobachtungsstandorte in Zypern und Chile gestellt, die von Radar-Fortsimulationen begleitet werden.

Description

Understanding mixed-phase cloud processes such as aggregation and riming relies on a thorough characterization of the liquid phase present in the cloud. For this study we propose to use a unique measurement opportunity with an extended remote-sensing instrument suite including triple-frequency polarimetric radar observations on the Northern and Southern hemisphere to bring forward millimeter wavelength radar polarimetry research for microphysical process studies. The overarching hypothesis that we would like to study within this project is that mixed-phase cloud processes are susceptible to aerosol perturbations. We postulate that

A) Aggregation will be more frequent for high aerosol loads and associated higher ice nucleating particle (INP) concentrations because higher ice crystal concentrations favor aggregation.

B) Riming will be more frequent where sustained supercooled liquid layers occur due to a scarcity of INP.

To address these hypotheses, we will characterize the frequency of occurrence of aggregation and riming in multi-year datasets obtained during institutional-funded field experiments in the aerosol-burden atmosphere above Limassol, Cyprus and the pristine region of Punta Arenas, Chile. For that purpose, we will make slanted linear depolarization (SLDR) polarimetric observations with a Ka-band radar a versatile technique for classification of hydrometeors in mixed-phase clouds.

The observed response of mixed-phase cloud processes to aerosol perturbations will be put in context to a model sensitivity study of simulations with a cloud-system-resolving (1 km) version of the ICON-NWP for the entire observation periods for regional domains around the observations sites in Cyprus and Chile that are accompanied by radar forward simulations.

Mittelgeber: DFG KA 4162/2-1

Einfluss von Wasserrinnen im Meereis und Polynyas auf arktische Wolkeneigenschaften – B07
(Influence of sea ice leads or polynyas on Arctic cloud properties – B07)

Schlagworte: Arktische Verstärkung, Arktische Wolken, bodengebundene Fernerkundung von Wolken

Projektleiter: H. Kalesse-Los (heike.kalesse@uni-leipzig.de)

Projektmitarbeiter: Pablo Saavedra-Garfias (pablo.saavedra@uni-leipzig.de)

Projektbeginn: 01.01.2020**Projektende:** 31.12.2023**Beschreibung**

Die winterliche Meereisbedeckung ist charakterisiert durch verschiedenste Brüche unterschiedlichsten Levels. Wasserrinnen und Polynyas führen zu erheblichen Wärme- und Feuchteflüssen vom relativ warmen Ozean zur kalten Atmosphäre. Damit beeinflussen sie die Struktur der atmosphärischen Grenzschicht, Wolkenbedeckung und das Energiebudget an der Oberfläche und ebenfalls den chemischen Austausch zwischen Atmosphäre und Ozean. Um den Einfluss von Meereisrinnen und Polynyas auf Wolken zu quantifizieren, werden mikro- und makrophysikalische Eigenschaften von bodennahen Wolken während außlandigen Winden in Anwesenheit von Meereisrinnen oder Polynyas verglichen mit Wolken während außlandigen Wind über einer geschlossenen Eisdecke.

Description

The wintertime Arctic sea ice area is characterised by different degrees of fracturing. Leads and polynyas result in a substantial heat and moisture flux from the relatively warm ocean to the cold atmosphere. They thus alter the atmospheric boundary layer structure, cloud cover, and the surface energy budget and also affect atmosphere-ocean chemical exchanges. To quantify the influence of leads or polynyas on clouds, the micro- and macrophysical properties of surface-coupled clouds during onshore winds in the presence of leads or polynyas will be compared to clouds observed during onshore winds in closed sea-ice conditions.

Mittelgeber: Projektnummer 268020496 innerhalb von TRR 172 „Arktische Verstärkung (AC)³“

Ein neuartiger Retrievalansatz zur Ableitung troposphärischer Temperatur- und Feuchteprofile unter allen Wetterbedingungen für eine verbesserte Quantifizierung von Verdunstungsraten
(A novel synergistic retrieval approach to enable tropospheric temperature and humidity profiling under all weather conditions for an improved quantification of evaporation rates)

Schlagworte: Instrumentensynergie, bodengebundene Fernerkundung, Niederschlag, Neuronale Netze, optimale Schätzung, Wasserdampfprofile, Temperaturprofile, Verdunstungsraten, Abkühlungsraten

Projektleiter: A. Foth (andreas.foth@uni-leipzig.de)**Projektmitarbeiter:** A. Foth (andreas.foth@uni-leipzig.de)**Projektbeginn:** 1.4.2020**Projektende:** 20.06.2024**Beschreibung**

Die ständige Weiterentwicklung und Verbesserung der Wetter- und Klimamodelle stellt die Fernerkundung der Atmosphäre vor große Herausforderungen. Für die Evaluierung der Modelle werden immer besser aufgelöste Messungen und Methoden benötigt. Herkömmliche Ansätze scheitern hier vor allem an fehlenden kontinuierlichen Beobachtungen der Temperatur und Feuchte bei allen Wetterbedingungen und insbesondere bei Regen. Ein Windprofiler ist allerdings auch bei solchen Bedingungen in der Lage Vertikalinformationen der Temperatur- und

Feuchtegradienten zu messen. Der hier vorgeschlagene neuartige Ansatz aus einer Synergie aus Windprofiler (inklusive Radio Acoustic Sounding System), Ramanlidar, Mikrowellenradiometer und Wolkenradar ermöglicht eine automatisierte und kontinuierliche Erstellung von Temperatur- und Feuchteprofilen sogar bei Niederschlägen. Langzeitbeobachtungen an Meteorologischen Observatorium in Lindenberg werden genutzt, um aussagekräftige Statistiken über die Verdunstungs- und Abkühlungsraten zu erstellen. Die Ergebnisse werden für verschiedene Bedingungen wie stratiformen und konvektiven Niederschlag und für verschiedenen Jahreszeiten evaluiert. Dies wird den Modellieren helfen, die Parametrisierungen der Verdunstungsraten in kleinskaligen Modellen zu evaluieren.

Description

Steady improvements of weather and climate models are challenging for remote sensing of the atmosphere. For the evaluation of the models highly resolved measurements and methods are necessary. Usual approaches fail due to the lack of continuous observation of temperature and humidity profiles during all weather conditions, especially during precipitation. A wind profiling radar enables the measurement vertical profiles of temperature and humidity gradients. The novel approach based on synergy between and profiling radar (with Radio Acoustic Sounding System), Raman lidar, microwave radiometer, and cloud radar enables an automated and continuous observation of temperature and humidity profiles even during precipitation. The used variational approach (optimal estimation) provides a robust tool for the combination of different instruments including the uncertainties of the single systems. Longterm observation at the meteorological observatory Lindenberg will be used to estimate robust statistics about evaporation and cooling rates. The results will be evaluated for different conditions as stratiform or convective precipitation or for different seasons. The outcome will help modellers to evaluate the parametrizations of evaporation rates in small-scale models.

Mittelgeber: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG FO 1285/2-1)

CORSIPP: Charakterisierung von orographisch beeinflusster Bereifung und sekundärer Eisproduktion und deren Auswirkungen auf Niederschlagsraten mittels Radarpolarimetrie und Dopplerspektren

CORSIPP: Characterization of orography-influenced riming and secondary ice production and their effects on precipitation rates using radar polarimetry and Doppler spectra

Schlagworte: Mischphasenwolken; bodengebunde Fernerkundung; Doppler-Wolkenradar und Radar-Polarimetrie; Bereifung und SekundäreEispartikelbildung; Niederschlagsbildung in komplexem Gelände; Bayes'sches Machine Learning Verfahren; Modellierung von Radarbeobachtungen

Keywords: mixed-phase clouds; ground-based remote sensing; Doppler cloud radar and radar polarimetry; riming and secondary ice production; precipitation formation in complex terrain; Bayesian machine learning retrieval techniques; Modeling radar observations

Projektleiter: Heike Kalesse-Los (heike.kalesse@uni-leipzig.de), Maximilian Maahn (maximilian.maahn@uni-leipzig.de)

Projektmitarbeiter: Anton Kötsche (anton.kötsche@uni-leipzig.de), Veronika Ettrichrätz (ab März 2023)

Projektbeginn: 1.1.2023

Projektende: 31.5.2025

Beschreibung

Niederschlag ist eine wichtige Komponente des hydrologischen Kreislaufs. Um zu verstehen, wie sich der Wasserhaushalt in einem sich erwärmenden Klima verändert, ist ein umfassendes Verständnis der Niederschlagsbildungsprozesse erforderlich. In den mittleren Breiten wird der meiste Niederschlag unter Beteiligung der Eisphase in Mischphasenwolken erzeugt, aber die genauen Interaktionen zwischen Eis, flüssigem Wasser, Wolkendynamik, orografischem Antrieb und Aerosolpartikeln während der Eis-, Schnee- und Regenbildung sind nicht gut verstanden. Dies gilt insbesondere für Bereifungs- und Sekundäre Eisproduktion (SIP) Prozesse, die mit den größten quantitative Unsicherheiten in Bezug auf die Schneefallbildung verbunden sind. Die Lücken in unserem Verständnis von SIP- und Bereifungsprozessen zu schließen, ist vor allem für Gebirgsregionen entscheidend, die besonders anfällig für Änderungen des Niederschlags und des Wasserhaushalts, wie z.B. des Verhältnisses zwischen Regen und Schneefall, sind. In diesem Antrag wird ein Forschungsprojekt vorgeschlagen, das sich dem Verständnis von Bereifungs- und SIP-Prozessen in komplexem Terrain widmet. Dazu betreiben wir ein innovatives, simultan sendendes und simultan empfangendes (STSR), scannendes W-Band- Wolkenradar zusammen mit einer neuartigen In-situ- Schneefallkamera eine ganze Wintersaison lang in den Rocky Mountains von Colorado, USA betreiben. Die Instrumente sind Teil der Atmospheric Radiation Measurement (ARM) Surface Atmosphere Integrated Field Laboratory (SAIL) Kampagne sein, bei der ein Ka-Band und ein X-Band Radar eingesetzt werden. Durch die Kombination von spektralen polarimetrischen und Multifrequenz- Doppler-Radarbeobachtungen mit empirischen und Bayes'schen Machine Learning Verfahren werden wir Bereifungs- und SIP Ereignisse identifizieren und deren Einfluss auf die Schneefallrate quantifizieren. Dies erfordert die Erweiterung des Passive and Active Microwave radiative TRAnsfer Modells (PAMTRA) mit zusätzlichen polarimetrischen Variablen und modernsten Berechnungen von Streueigenschaften. Durch die Nutzung der umfangreichen kollokierten Messungen während SAIL wird es ermöglicht, die beobachteten Prozessraten mit Umweltbedingungen wie Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Flüssigwasserpfad sowie mit der Wolkendynamik in Beziehung zu setzen. Darüber hinaus werden wir einen besonderen Fokus auf den Einfluss von vertikalen Luftbewegungen legen, die unter orographischen Bedingungen häufig auftreten. Zusammengenommen wird das vorgeschlagene Projekt unser Verständnis von Bereifungs- und SIP-Prozessen in komplexem Gelände verbessern.

Description

Precipitation is a major component of the hydrological cycle. A comprehensive understanding of the precipitation formation processes is required to understand how the water budget is changing in a warming climate. In mid-latitudes, most precipitation is generated through the ice phase in mixed-phase clouds, but the exact pathways through which ice, liquid water, cloud dynamics, orographic forcing, and aerosol particles are interacting during ice, snow and rain formation are not well understood. This is particularly true for riming and secondary ice production (SIP) processes that are likely related to the largest uncertainties with respect to quantitative snowfall formation. Filling the gaps in our understanding of SIP and riming is especially crucial for mountainous regions that are particularly vulnerable to changes in precipitation and the water budget such as the ratio between rain and snowfall. Here, we propose a research project dedicated

to understanding riming and SIP processes in complex terrain. For this, we are operating an innovative simultaneous transmission- simultaneous-reception (STSR) scanning W-band cloud radar together with a novel in situ snowfall camera for one entire winter season in the Colorado Rocky Mountain. The instruments are part of the Atmospheric Radiation Measurement (ARM) Surface Atmosphere Integrated Field Laboratory (SAIL) campaign where a Ka-band and a X-band radar will be deployed. Combining spectral polarimetric and multi frequency Doppler radar observations with empirical and Bayesian machine learning retrieval techniques, we will identify riming and SIP events and quantify their impact on snowfall rates. This goal requires extending the Passive and Active Microwave radiative TRAnsfer model (PAMTRA) with additional polarimetric variables and state of the art scattering capabilities. Finally, using the extensive collocated measurements of SAIL will allow us to relate the observed process rates to environmental conditions such as temperature, humidity and liquid water path as well as cloud dynamics. In addition, we will put a special focus on the impact of vertical air motions that appear frequently in orographic conditions.

Mittelgeber: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG KA 4162/2-2)

Atmende Natur - Detektion von Insekten in Wolkenradarsignalen

Breathing Nature - Detection of insects in cloud radar signals

Projektleiter: H. Kalesse-Los (heike.kalesse@uni-leipzig.de)

Projektmitarbeiter: M. Lochmann (moritz.lochmann@uni-leipzig.de),

Projektbeginn: 01.01.2023

Projektende: 31.12.2024

Weitere beteiligte Organisationseinheiten:

Theoretische Meteorologie (Institut für Meteorologie)

Atmosphärische Strahlung (Institut für Meteorologie)

Beschreibung

Die Biomasse von Fluginsekten ist in Deutschland zwischen 1989 und 2016 um 76 % zurückgegangen. Insekten sind jedoch für die Ernährungssicherheit und ein funktionierendes Ökosystem lebenswichtig, und Trends in ihrer Menge oder Biomasse müssen weitläufig überwacht werden. In Wolken- und Wetterradar-Beobachtungen können Insekten-Signale erkannt werden - wenn auch meist als unerwünschtes Nebenprodukt (Clutter). In diesem Projekt werden Messungen unseres vertikal ausgerichteten 94-GHz-Wolkenradars LIMRAD94 in wolkenfreien Situationen genutzt, um das Auftreten von Fluginsekten zu bewerten. Es werden mehrere Ansätze zur Identifizierung von Insektsignalen in Wolkenradardaten verwendet und miteinander verglichen, um Unterschiede und Ähnlichkeiten zu untersuchen und eine bestmögliche Schätzung des Insektenvorkommens zu erstellen.

Description

The biomass of flying insects in Germany declined by 76% between 1989 and 2016. However, insects are vital for food security and a functioning ecosystem, and trends in their abundance or biomass need to be monitored over a wide area. Insect signals can be detected in cloud and

weather radar observations - albeit mostly as an unwanted by-product (clutter). In this project, measurements from our vertically aligned 94 GHz cloud radar LIMRAD94 are used in cloud-free situations to assess the occurrence of flying insects. Several approaches to identify insect signals in cloud radar data are used and compared to investigate differences and similarities and to provide a best estimate of insect occurrence.

Übergeordnetes Projekt: Atmende Natur / Breathing Nature

Mittelgeber: Sächsisches Ministerium für Wissenschaft und Kultus, Aktenzeichen 3-7304/35/6-2021/48880

Aerosole und Wolken, Matthias Tesche

Aerosols and Clouds

Verbesserung der Leistungsprognose von Photovoltaikanlagen zur Unterstützung der Energiewende und Untersuchung von Aerosol-Wolken-Wechselwirkungen

Improving the power forecast of photovoltaic systems to support the energy transition and to investigate aerosol-cloud interactions

Projektleiter: Jun.-Prof. Dr. Heike Kalesse-Los (heike.kalesse-los@uni-leipzig.de) und **PD Dr. Matthias Tesche** (matthias.tesche@uni-leipzig.de)

Antragsteller: Jun.-Prof. Dr. Heike Kalesse-Los (heike.kalesse-los@uni-leipzig.de) und PD Dr. Matthias Tesche (matthias.tesche@uni-leipzig.de)

Projektmitarbeiter: Fani Alexandri (fani.alexandri@uni-leipzig.de), Felix Müller (felix.mueller.2@uni-leipzig.de), Dr. Jonas Witthuhn (Jonas.witthuhn@uni-leipzig.de)

Projektbeginn: 01.01.2023

Projektende: 31.12.2024

Beschreibung

Die bodengebundene und satellitengestützte Fernerkundung der Atmosphäre dient der angewandten Forschung im Bereich von Strahlung, Aerosolen und Wolken sowie deren Wechselwirkung. Sie liefert zudem wichtige Informationen für die Leistungsprognose erneuerbarer Energien. Die Art der Bewölkung moduliert den am Boden ankommenden Betrag der Solarstrahlung und beeinflusst damit die erzeugte Leistung von Photovoltaik (PV). Anlagen. Situationen mit durchbrochener Bewölkung stellen dabei besondere Herausforderungen dar. Ursachen sind die extrem hohe Variabilität der Solarstrahlung, durch an Wolkenrändern reflektierte Strahlung sowie durch den Einfluss von Aerosolpartikeln in Wolkennähe. Mittels zeitlich hochauflöster Solarstrahlungsmessungen mit einem räumlich verteilten Pyranometer-Netzwerk können die Strahlungsvariabilität für verschiedene Situationen und insbesondere durchbrochene Bewölkung charakterisiert werden. Derartige Erkenntnisse sind für die Planung und Dimensionierung von PV-Standorten und Stromnetzen bedeutsam, und liefern zusätzlich wissenschaftlich relevante Einblicke in Aerosol-Wolken-Wechselwirkungen. Die zu verwendenden

zeitlich und räumlich hochauflösten Satellitenbeobachtungen ermöglichen zudem nie dagewesene Arbeiten zum Studium des Verhaltens von Wolkeneigenschaften über den Lebenszyklus einzelner Wolken sowie zum Einfluss von Aerosolpartikeln auf die Eigenschaften der betrachteten Wolken.

Description

Ground-based and spaceborne remote sensing of the atmosphere is used for applied research on radiation, aerosols, clouds, and their interactions. It also provides important information for forecasting the generation of renewable energy. The type of cloud cover modulates the amount of solar radiation reaching the ground and thus influences the power generated by photovoltaic (PV) systems. Situations with broken cloud cover pose particular challenges. The causes are the extremely high variability of solar radiation, radiation reflected at cloud edges, and the influence of aerosol particles near clouds. By means of high temporal resolution solar radiation measurements with a spatially distributed pyranometer network, the radiation variability can be characterised for different amount of cloudiness and, in particular, for broken cloud cover. Such insights are significant for the planning and dimensioning of PV sites and power grids, and additionally provide scientifically relevant insights into aerosol-cloud interactions. The high temporal and spatial resolution of today's satellite observations enables unprecedented work on studying the behaviour of cloud properties over the life cycle of individual clouds, as well as the influence of aerosol particles on the properties of these tracked clouds.

Mittelgeber: EU Europäischer Sozialfonds (ESF), Förderkennzeichen 232101734

Advancing mEasures to Reduce aviatiOn imPact on cLimate and enhAncE resilieNce to climate-changE (AEROPLANE)

Projektleiter: PD Dr. Matthias Tesche (matthias.tesche@uni-leipzig.de)

Projektmitarbeiter: Dr. Torsten Seelig (torsten.seelig@uni-leipzig.de)

Projektbeginn: 01.09.2023

Projektende: 31.05.2025

Beschreibung

... Bechreibung auf Deutsch ...

Description

The interconnection between Aviation and climate is very tight. On the one hand, air traffic contributes to greenhouse gas emissions that alter the composition of the atmosphere globally, hence driving Climate Change. On the other hand, atmospheric processes significantly impact the whole chain of Aviation: changes in temperature affect infrastructure and aircraft performance, variable wind and precipitation patterns increase delays and cancellations, etc. In recent years, researchers put a strong effort in investigating the impact of Aviation on climate and ways to mitigate it. Putting these knowledge advancements into practice requires further development of the climate impact assessment methodology towards the deployment and implementation phases. In addition to these efforts, new adaptation measures are necessary to make the aviation sector less vulnerable to the unavoidable changes in climate conditions which we are already

experiencing, such as heatwaves and other highly-impactful weather phenomena. Objectives: The project aims at developing a toolset for reducing the aviation impact on climate and to enhance the sector's resilience to climate change. The idea is to advance the knowledge and operationalize the monitoring on the impact of aviation on climate, and, concurrently, to assess the resilience of the aviation sector to the exacerbation of extreme events due to climate change.

Externe Projektwebsite: <https://www.sesarju.eu/projects/AEROPLANE>

Mittelgeber: EU HORIZON-SESAR, Förderkennzeichen: 101114682

Eigenschaften in Cirruswolken eingebetteter Kondensstreifen aus flugzeuggetragenen Fernerkundungsdaten

Properties of In-cirrus Contrails from Airborne Remote-sensing Data (PICARD)

Projektleiter: PD Dr. Matthias Tesche (matthias.tesche@uni-leipzig.de)

Projektmitarbeiter: Mahshad Soleimanpour (mahshad.soleimanpourboroujeni@uni-leipzig.de)

Projektbeginn: 01.10.2023

Projektende: 30.09.2026

Beschreibung

Der Flugverkehr beeinträchtigt die Energiebilanz der Erde auf vielfältige Weise. Neben dem Ausstoß von Abgasen gibt es Effekte, die nicht im Zusammenhang mit der Emission von CO₂ stehen. Kondensstreifen sind der wohl bekannteste nicht-CO₂-Effekt des Flugverkehrs. Sie können sich in ausgedehnte und langlebige Zirren entwickeln und somit zum vermehrten Auftreten hoher Wolken führen. Während sich optisch dicke Zirren kühlend auf die Atmosphäre auswirken, können optisch dünne Zirren zu Erwärmung führen. Flugzeugemissionen können die Neubildung von optisch dünnen oder optisch dicken Zirruswolken auslösen. Flugzeuge können aber auch durch bereits existierenden Zirrus fliegen und darin eingebettete Kondensstreifen bilden, welche die Wolkeneigenschaften verändern. Diese Auswirkungen sind bis heute kaum quantifiziert, da es an direkten Messungen und Modellierungsstudien mangelt. Nur zwei Beobachtungsstudien haben sich mit diesem Thema befasst. Tesche et al. (2016) zeigen anhand von Weltraumlidarmessungen, dass eingebettete Kondensstreifen die optische Dicke bereits vorhandener Zirren erhöhen. Marjani et al. (2022) fanden bei der Analyse kombinierter Lidar-Radardaten der Fälle in Tesche et al. (2016) heraus, dass die Eiskristallzahlkonzentration in Zirrusregionen zunimmt, die von vorbeifliegenden Flugzeugen beeinflusst worden.

PICARD wird die höhere räumlich-zeitliche Auflösung und Messempfindlichkeit von flugzeuggetragenen Lidar- und Radarmessungen im Vergleich zu weltraumgestützten Beobachtungen mit denselben Messverfahren nutzt. Beobachtungen von Zirruswolken während mindestens vier Messkampagnen mit dem deutschen Forschungsflugzeug HALO in Regionen, in denen Flugzeuge häufig bereits bestehende Zirruswolken durchfliegen, werden auf zufällige Beobachtungen von eingebetteten Kondensstreifen untersucht. Lidar-Messungen während der Zirren-Experimente ML-CIRRUS und CIRRUS HL werden zur Entwicklung, Erprobung und

Verifizierung einer Maske zur Erkennung von Inhomogenitäten in Zirruswolken verwendet, die mit dem Durchflug einzelner Flugzeuge in Verbindung gebracht werden können. Die Maske wird sowohl auf diese Beobachtungen als auch auf die kombinierten Lidar-Radar-Beobachtungen während NARVAL 1 und NAWDEX angewendet. Der gewonnene Datensatz wird verwendet, um die Auswirkungen von eingebetteten Kondensstreifen auf die optischen (Lidar) und mikrophysikalischen (Lidar-Radar) Eigenschaften von bereits bestehenden Zirruswolke zu quantifizieren. Die Datenbank der eingebetteten Kondensstreifen aus HALO-Messungen wird verwendet, um einen Referenzdatensatz für die hochauflösende Modellierung von eingebetteten Kondensstreifen zu erstellen, welche derzeit noch in den Kinderschuhen steckt. PICARD ist daher von großer Bedeutung für die Abschätzung der Klimaauswirkungen des Luftverkehrs angesichts der ständig steigenden Flugzahlen und des Drangs der Menschheit nach globaler Mobilität.

Description

Aviation affects the Earth's energy balance through the emission of exhaust gases and a variety of non-CO₂ effects of which linear contrails are the best known. Contrails form from aircraft effluent, can develop into widespread and persistent contrail cirrus, and affect the occurrence rate of cirrus. While optically thick cirrus can have a net cooling effect on the atmosphere, optically thin cirrus generally causes warming. Aircraft emissions and contrails can lead to optically thin and thick cirrus. Aircraft that fly through already existing cirrus can lead to contrails that are embedded in those clouds. Such embedded contrails could alter cirrus properties to a degree that inverts its climate effect from net warming to net cooling. Today, the effect of embedded contrails on the properties of already existing cirrus clouds is still virtually unstudied due to a lack of direct measurements and subsequent modelling studies. Only two observational studies have looked at the issue. Tesche et al. (2016) used spaceborne lidar data to show that embedded contrails increase the optical thickness of pre-existing cirrus. Marjani et al. (2022) found that ice crystal number concentration increases in cirrus regions that are affected by passing aircraft from analysing combined lidar-radar retrievals for the cases of Tesche et al. (2016).

PICARD will expand upon the earlier work by exploiting the higher spatio-temporal resolution and measurement sensitivity of airborne lidar and radar measurements compared to spaceborne observations with the same measurement techniques. Observations of cirrus clouds conducted during at least four measurement campaigns with the German research aircraft HALO in regions where aircraft are likely to pass through already existing cirrus clouds will be analysed for serendipitous observations of embedded contrails. Lidar measurements during the dedicated cirrus experiments ML-CIRRUS and CIRRUS HL will be used to develop, test, and verify a mask for detecting perturbations in cirrus clouds that can be related to the passage of individual aircraft. The mask will be applied to those observations as well as the combined lidar-radar observations during NARVAL 1 and NAWDEX. The thus compiled data set will be used to quantify the effect of embedded contrails on the optical (lidar) and microphysical (lidar-radar) properties of pre-existing cirrus by relating changes in identified features to the unperturbed cloud. The data base of embedded contrails in HALO measurements will be used to establish a reference data set for the high-resolution modelling of embedded contrails, which is still in its infancy. The research proposed here is therefore vital in bounding the climate effect of aviation in light of steadily increasing flight numbers and mankind's urge for global mobility.

Mittelgeber: DFG TE 1362/4-1 520829878

MAMiP – Mehrschichtige Arktische Mischphasenwolken: Beobachtungen

Multilayer Arctic Mixed-Phased Clouds: Observations (MAMiP:O)

Projektleiter: PD Dr. Matthias Tesche (matthias.tesche@uni-leipzig.de)**Projektmitarbeiterin:** Dr. Peggy Achtert (peggy.achtert@uni-leipzig.de), Dr. Torsten Seelig (torsten.seelig@uni-leipzig.de)**Projektbeginn:** 01.07.2021**Projektende:** 30.06.2024**Beschreibung**

Wolken spielen eine zentrale Rolle in der Kopplung der Atmosphäre mit der Erdoberfläche. Diese Verbindung wird durch den direkten Strahlungstransport im solaren und terrestrischen Wellenlängenbereich sowie den Austausch latenter Energie in der Form von Feuchteflüssen und Niederschlag hergestellt. Im Gegensatz zu anderen Orten auf der Erde können Wolken in der Arktis mit ihrer im Vergleich zur Erdoberfläche oft wärmeren Wolkenoberkante eine erwärmende Wirkung auf der Erdoberfläche ausüben. Der Fokus in der Untersuchung arktischer Wolken lag bisher auf sogenannten Einschichtwolken, welche sich in der Regel am Oberrand der planetaren Grenzschicht bilden. Wolken, die in einer anderen Höhe oder in mehreren Höhen gleichzeitig auftreten (Mehrschichtwolken), könnten allerdings einen Einfluss auf die Energiebilanz der Erdoberfläche ausüben, der sich von dem der umfangreich untersuchten Einschichtwolken unterscheidet. Dies hat mehrere Gründe: (i) den komplexen Strahlungstransport im Vergleich zu Einschichtwolken, (ii) der Einfluss oberer Wolken auf die diabatische Abkühlung darunter liegender Wolken und (iii) Eiskristalle, die aus oberen in die unteren Wolken fallen, können durch Eisimpfung die Wasserphase der unteren Wolken verändern und damit die Bildung von Mischphasenwolken im Temperaturbereich des heterogenen Gefrierens ermöglichen.

MAMiP:O strebt an die Lücken in unserem wissenschaftlichen Verständnis arktischer Mehrschichtwolken durch die systematische Auswertung von Fernerkundungsmessdaten zu schließen. Folgende Fragen sollen beantwortet werden:

1. Wie häufig treten Mehrschichtwolken im Vergleich zu Einschichtwolken auf?
2. Kann das Auftreten arktischer Einschicht- und Mehrschichtwolken aus aktiven und passiven Satellitenbeobachtungen abgeleitet werden?
3. Wie oft tritt Eiskristallimpfung in arktischen Mischphasenwolkensystemen auf?
4. Welche Faktoren bestimmen die Eiskristallimpfung? Lösen sich geimpfte Wolken auf oder verdicken sie sich?

Description:

Arctic clouds with their warm cloud tops (compared to the surface) can have a warming effect on the atmosphere. So far, studies of Arctic clouds have focussed on single-layer clouds, which form at boundary layer top. The radiative effect of clouds that occur at multiple heights simultaneously (multi-layer clouds) can be very different from that of single-layer clouds. This is because of (i) more complex radiative transport, (ii) adiabatic cooling of lower clouds, and (iii) glaciation of lower clouds as a result of ice-crystal seeding from upper cloud layers.

MAMiP will address gaps in our scientific understanding of Arctic multi-layer clouds through four questions:

1. What is the occurrence rate of Arctic multi-layer clouds compared to single-layer clouds?
2. What is the occurrence rate of ice-crystal seeding in Arctic multi-layer clouds?

3. Can simulations of Arctic multi-layer clouds with cloud-resolving models reproduce observations and provide insight into the dominating processes?
4. Which factors determine ice-crystal seeding? What happens to seeded clouds?

MAMiP:O will analyse observations beyond the MOSAiC data set. In MAMiP:M, the observed cases will be simulated with a cloud-resolving model to investigate the connection between radiative and microphysical processes, the predictability of multi-layer clouds, and their effect on the radiative budget at the surface.

Mittelgeber: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), Förderkennzeichen 03F0891A

Maximilian Maahn

AG drOPS - clouD and pRecipitation Observations for Process Studies

Charakterisierung der räumlichen Variabilität von Eiwassergehalt in und unter Mischphasenwolken (B08)

Characterising the spatial variability of ice water content in and below mixed-phase clouds (B08)

Schlagworte: Arktischer Klimawandel, Fernerkundung, Mischphasenwolken

Projektleiter: Maximilian Maahn, Universität Leipzig (maximilian.maahn@uni-leipzig.de)

Projektmitarbeiterin: Nina Maherndl (nina.maherndl@uni-leipzig.de)

Projektbeginn: 1.1.2021

Projektende: 31.12.2023

Beschreibung

Die Prozesse, die die räumliche Variabilität des Eiwassergehalts (IWG) in Mischphasenwolken (MPW) bestimmen, sind nicht ausreichend erforscht. Deswegen wird ein Forschungsprojekt vorgeschlagen, welches sich explizit dem Verständnis und der Quantifizierung dieser Prozesse widmet. Es ist zwar eine Herausforderung, diese MPW Prozesse direkt zu beobachten, jedoch können Fingerabdrücke der dominierenden MPW Prozesse in verbesserten Flugzeugbeobachtungen von IWG und Schneefallrate (SR) identifiziert werden. Dafür werden Beobachtungen verwendet, die während der ACLOUD Kampagne 2017 sowie weiteren (AC)3 Flugzeug Kampagnen gemacht wurden, bzw. die bei der für 2021 geplanten HALO-(AC)3 Kampagne gemacht werden. Bei ACLOUD und HALO-(AC)3 flogen bzw. fliegen mindestens zwei Flugzeuge in einer Tandemformation wodurch kollokierte in situ und Fernerkundungsmessungen zur Verfügung stehen. Auf Basis dieser seltenen Tandemdatensätze wird ein nahtloses Umkehr Verfahren (engl. Retrieval) entwickelt, welches auf der Bayesschen Optimal Estimation Theorie basiert: Die flugzeuggebundenen Fernerkundungs- und in situ Daten werden kombiniert, um die in situ Daten nicht nur für die Datenpunkte zu verwenden, an denen sie gemessen wurden, sondern für alle vom Radar erfassten Wolkenbereiche. Dafür wird ihr Gewicht im Umkehr Verfahren proportional zum Abstand zwischen Radar und in situ Messung unter Berücksichtigung der Autokorrelationslängen

der gemessenen Parameter gewählt. Dadurch kann berücksichtigt werden, wie sich der Informationsgehalt der in situ Messungen mit zunehmendem Abstand verringert. So können alle verfügbaren Informationen kombiniert werden und die vertikale und horizontale Variabilität von IWG und SR in und unter Wolken kann mit hoher räumlicher Auflösung bestmöglich bestimmt werden. Basierend auf den verbesserten Beobachtungsverfahren wird die beobachtete IWG Variabilität mit andern Mikro- und Makrophysikalischen Wolkeneigenschaften (z.B. dominierender Eispartikelwachstumsprozess, Wolkentyp, Flüssigwassergehalt, Wolkendicke, Variabilität von Wolkenphase an der Wolkenoberseite, turbulente Koppelung mit der Oberfläche) verknüpft. Ein besonderer Fokus wird auf die vertikale IWG Variabilität und den daraus resultierenden Einfluss auf die Massenflüsse von Eiskristallen gelegt. Dafür kann man nicht nur auf die umfangreichen Flugzeugmessungen zurückgreifen, sondern auch auf die bodengebundenen Beobachtungen in Ny-Ålesund und von der PASCAL Kampagne. Dadurch werden nicht nur die Prozesse identifiziert, die für die Quellen und Senken von IWG in der Atmosphäre am wichtigsten sind, sondern auch auf welchen räumlichen Skalen diese Prozesse aktiv sind. Simulationen mit dem ICON-LEM Atmosphärenmodell werden analysiert, um Unterschiede in der Darstellung von IWG zu identifizieren. Durch Anwendung der gleichen mikro- und makrophysikalischen Wolkenklassifikationen wie bei den Beobachtungen werden die Modellparametrisierungen identifiziert, die verbessert werden müssen.

Description

The processes determining spatial variability of ice water content (IWC) in mixed-phase clouds (MPCs) are not sufficiently understood. Therefore, we propose a project targeted at understanding and quantifying these processes. While it is challenging to observe MPC processes directly, we will advance techniques for quantifying IWC and snowfall rate (SR) with low uncertainty from airborne radar measurements so that we are able to observe fingerprints of the dominating processes. We will use data collected during the (AC)3 aircraft campaigns with a particular focus on the ACLOUD campaign performed in 2017, and the upcoming HALO-(AC)3 campaign planned within the current phase of (AC)3. For these campaigns, at least two closely collocated aircraft are flying in formation for obtaining collocated in situ and remote sensing observations. We will use these rare data collected during tandem flights to develop a seamless Bayesian Optimal Estimation retrieval for obtaining IWC and SR from combined radar and in situ measurements along a flight track 'curtain'. We will develop a novel retrieval approach where the in situ data are exploited not only for the observation point where they were obtained, but for the whole curtain by scaling their weight proportional to the autocorrelation lengths of the microphysical properties. By this, we can consider how the information content of the in situ instruments is reduced with increasing distance between in situ and remote sensing observation volume. Such a retrieval can combine all available information from radar and in situ observations and will close an important gap in our ability to observe the vertical and horizontal spatial variability of IWC in clouds with high accuracy and high spatial resolution. Based on the improved observations, we will link the observed IWC variability to other microphysical and macrophysical cloud properties (among others, dominating particle growth process, cloud type, liquid water content, cloud depth, cloud top phase variability, surface coupling). A particular emphasis will be put on vertical IWC variability and the resulting impact on precipitation mass fluxes. For this, we can rely on the extensive supporting aircraft data sets, but also on ground-based observations in Ny-Ålesund and during the PASCAL campaign. By this, we will identify the processes most relevant for IWC sources and sinks as well as the spatial scales on which these processes are active. Model simulations using ICON-LEM will be analysed for quantifying differences in the representation of IWC. By comparing to the same microphysical and

macrophysical cloud classifications used for the observations, we will identify which model MPCs parameterisations need to be improved.

Mittelgeber: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) TRR 172 (AC)³

Characterization of orography-influenced riming and secondary ice production and their effects on precipitation rates using radar polarimetry and Doppler spectra (CORSIPP)

Charakterisierung von orographisch beeinflusster Bereifung und sekundärer Eisproduktion und deren Auswirkungen auf Niederschlagsraten mittels Radarpolarimetrie und Dopplerspektren (CORSIPP)

Schlagworte: Fernerkundung, In Situ Beobachtungen, Mischphasenwolken, Bereifung, Secondary Ice Formation

Projektleiter: Maximilian Maahn, Universität Leipzig (maximilian.maahn@uni-leipzig.de)

Projektmitarbeiterin: Isabelle Steinke (isabelle.steinke@uni-leipzig.de), Veronika Ettrichrätz (veronika.ettrichraetz@uni-leipzig.de)

Projektbeginn: 15.06.2022

Projektende: 14.08.2025

Beschreibung

Niederschlag ist eine wichtige Komponente des hydrologischen Kreislaufs. Um zu verstehen, wie sich der Wasserhaushalt in einem sich erwärmenden Klima verändert, ist ein umfassendes Verständnis der Niederschlagsbildungsprozesse erforderlich. In den mittleren Breiten wird der meiste Niederschlag unter Beteiligung der Eisphase in Mischphasenwolken erzeugt, aber die genauen Interaktionen zwischen Eis, flüssigem Wasser, Wolkendynamik, orografischem Antrieb und Aerosolpartikeln während der Eis-, Schnee- und Regenbildung sind nicht gut verstanden. Dies gilt insbesondere für Bereifungs- und Sekundäre Eisproduktion (SIP) Prozesse, die mit den größten quantitative Unsicherheiten in Bezug auf die Schneefallbildung verbunden sind. Die Lücken in unserem Verständnis von SIP- und Bereifungsprozesse zu schließen, ist vor allem für Gebirgsregionen entscheidend, die besonders anfällig für Änderungen des Niederschlags und des Wasserhaushalts, wie z.B. des Verhältnisses zwischen Regen und Schneefall, sind. In diesem Antrag wird ein Forschungsprojekt vorgeschlagen, das sich dem Verständnis von Bereifungs- und SIP-Prozessen in komplexem Terrain widmet. Dazu werden wir ein innovatives, simultan sendendes und simultan empfangendes (STSR), scannendes W-Band-Wolkenradar zusammen mit einer neuartigen In-situ-Schneefallkamera eine ganze Wintersaison lang in den Rocky Mountains von Colorado, USA betreiben. Die Instrumente werden Teil der Atmospheric Radiation Measurement (ARM) Surface Atmosphere Integrated Field Laboratory (SAIL) Kampagne sein, bei der ein Ka-Band und ein X-Band Radar eingesetzt werden. Durch die Kombination von spektralen polarimetrischen und Multifrequenz-Doppler-Radarbeobachtungen mit empirischen und Bayes'schen Machine Learning Verfahren werden wir Bereifungs- und SIP-Ereignisse identifizieren und deren Einfluss auf die Schneefallrate quantifizieren. Dies erfordert die Erweiterung des Passive and Active Microwave radiative TRAnsfer Modells (PAMTRA) mit zusätzlichen polarimetrischen Variablen und modernsten Berechnungen von Streueigenschaften. Durch die Nutzung der umfangreichen kollokierten Messungen während SAIL wird es ermöglicht, die beobachteten Prozessraten mit Umweltbedingungen wie Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Flüssigwasserpfad sowie mit der

Wolkendynamik in Beziehung zu setzen. Darüber hinaus werden wir einen besonderen Fokus auf den Einfluss von vertikalen Luftbewegungen legen, die unter orographischen Bedingungen häufig auftreten. Zusammengenommen wird das vorgeschlagene Projekt unser Verständnis von Bereifungs- und SIP-Prozessen in komplexem Gelände verbessern.

Übergeordnetes Projekt: SPP PROM

Externe Projektwebsite: <https://www2.meteo.uni-bonn.de/spp2115/doku.php?id=home>

Sprecherhochschule des Verbundprojekts: Universität Bonn

Untersuchung mikrophysikalischer Prozesse bei der Schneefallformation in mittleren Breiten (EMPOS)

Evaluating Microphysical Pathways Of midlatitude Snow formation (EMPOS)

Schlagworte: Schneefallformation, In Situ Beobachtungen, Mischphasenwolken, Bereifung

Projektleiter: Maximilian Maahn, Universität Leipzig (maximilian.maahn@uni-leipzig.de)

Projektmitarbeiter: Nils Pfeifer (nils.pfeifer@uni-leipzig.de)

Projektbeginn: 1.9.2023

Projektende: 31.8.2026

Beschreibung

Niederschlag ist eine wichtige, aber schlecht verstandene Komponente unseres Klimasystems. Die genauen Prozesse, durch die Eiskristalle, flüssiges Wasser, Wolkendynamik und Aerosolpartikel bei der Niederschlagsbildung zusammenwirken, sind nicht ausreichend verstanden. Da überall außer über den subtropischen Ozeanen der meiste Niederschlag in Wolken über die Eisphase gebildet wird, sind die Prozesse der Schneefallbildung nicht nur in den polaren, sondern auch in den mittleren Breiten von großer Bedeutung: Wachstum in übersättigter Luft führt zu unzähligen Kristallformen, die von Temperatur, Feuchtigkeit und deren turbulenten Schwankungen abhängen. Durch Aggregation verbinden sich einzelne Kristalle zu komplexen Schneeflocken. Bereifung beschreibt das Anfrieren kleiner Tröpfchen an den Eiskristallen, so dass diese schnell an Masse gewinnen. Dadurch ist die Form der Schneeteilchen - wenn sie beobachtet wird, bevor das Teilchen zu einem Regentropfen schmilzt - ein Fingerabdruck der vorherrschenden Prozesse während der Schneefallbildung. In EMPOS schlagen wir vor, diese Fingerabdrücke zu nutzen, um zu quantifizieren, wie die verschiedenen Prozesse der Schneefallbildung zu Masse oder Häufigkeit des Gesamtniederschlag beitragen. Zu diesem Zweck werden wir die Datenprodukte des innovativen Video In Situ Snowfall Sensors (VISSS) weiterentwickeln, um Rimming und Aggregation während einer speziellen Messkampagne in Hyttiälä, Finnland, zu quantifizieren. Die Beobachtungen werden mit dem ICON-Modell verglichen, in welches das fortschrittliche P3 Mikrophysikschemata (Predicted Particle Properties) mit einem neuartigen Ansatz zur Behandlung von bereiften Partikeln implementiert ist. Durch dieses kombinierte Beobachtungs- und Modellierungsprojekt wird es möglich zu quantifizieren, wie die einzelnen Wolkenprozesse an der Schneefallbildung beteiligt sind, und zwar in Bezug auf die Häufigkeit des Auftretens und die Gesamtschneemasse. Darüber hinaus werden wir diese Wolkenprozesse in Abhängigkeit von makrophysikalischen Wolkeneigenschaften wie Wolkentiefe und synoptischen Einflüssen analysieren. Auf der Grundlage

von Vergleichen zwischen Modell und Beobachtungen, die sowohl mittels Fallstudien als auch für einen längeren Zeitraum durchgeführt werden, werden wir die Schneefallsimulation in ICON im Standard-Zweimomentenschema und im P3-Mikrophysikschema bewerten und verbessern.

Description

Precipitation is a major yet poorly understood component of our climate system. The exact pathways through which ice crystals, liquid water, cloud dynamics, and aerosol particles are interacting during precipitation formation are not well understood. As most precipitation is formed in ice-containing clouds anywhere except over the subtropical Oceans, snowfall formation processes are highly relevant not only in polar but also in mid-latitude regions: during snowfall formation, vapor depositional growth leads to innumerable crystal shapes depending on temperature, humidity, and their turbulent fluctuations. Aggregation combines individual crystals to complex snowflakes. Riming describes the freezing of small droplets to the ice crystals so that they gain mass rapidly. In other words, the snow particle shape - if observed before the particle melts into a raindrop - is a fingerprint of the dominating process pathways during snowfall formation. In EMPOS, we propose to use these fingerprints for quantifying how the various snowfall formation processes contribute to total precipitation with respect to mass or frequency of occurrence. For this, we will advance the data products of the innovative Video In Situ Snowfall Sensor (VISSS) to quantify riming and aggregation from observations during a dedicated measurement campaign in Hyytiälä, Finland. The observations will be compared to the ICON model using the advanced P3 (Predicted Particle Properties) microphysics scheme that has radically different approaches to the treatment of rimed particles. This combined observational and modeling project will allow quantifying how the individual cloud processes are involved in snowfall formation in terms of frequency of occurrence and total snow mass. Further, we will analyze these cloud processes as a function of macrophysical cloud properties such as cloud depth and synoptic forcing. Based on comparisons of model and observations using both case studies and longer periods, we will evaluate and improve snowfall simulation in ICON in the standard two-moment scheme and in the P3 microphysical scheme.

Mittelgeber: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) grant id 516261703

Prozessbezogenes Verständnis der Sublimation und Verdunstung von Niederschlag (E05)

Process-level Understanding of Sublimation and Evaporation of Precipitation (E05)

Schlagworte: Arktischer Klimawandel, Fernerkundung, Mischphasenwolken

Projektleiter: Maximilian Maahn, Universität Leipzig (maximilian.maahn@uni-leipzig.de)

Projektmitarbeiterin: Nina Maherndl (nina.maherndl@uni-leipzig.de)

Projektbeginn: 1.1.2024

Projektende: 31.12.2027

Beschreibung

Die Verdunstung von Regen und die Sublimation von Schneefall zwischen der Wolkenbasis und der Oberfläche sind gängige Prozesse in der Arktis. Hier schlagen wir vor, die Verdunstung und Sublimation an verschiedenen arktischen Standorten zu quantifizieren und zu ermitteln, welche klein- und großräumigen Einflüsse den Prozess beeinflussen. Wir werden die Sublimation in atmosphärischen Modellen verbessern und untersuchen, wie sich die durch die Sublimation verursachten Änderungen der Feuchtigkeits- und Temperaturprofile auf die Wolken auswirken.

Description

The vaporation of rain and sublimation of snowfall between cloud base and the surface are common processes in the Arctic. Here, we propose to quantify evaporation and sublimation at different Arctic sites and identify which small and large scale forcings affect the process. We will improve sublimation in atmospheric models and investigate how changes in humidity and temperature profiles caused by sublimation feed back to clouds.

Mittelgeber: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) TRR 172 (AC)³

Klima-Attribution; Sebastian Sippel

Process-based ATtribution of Extreme Temperatures to Anthropogenic drivers (PATTETA)

Projektleiter: Jun.-Prof. Dr. Sebastian Sippel

Projektbeginn: 01.10.2023

Projektende: 30.09.2026

Beschreibung

Der Klimawandel setzt sich trotz Zielen zur Emissionsminderung fort. Um Aussagen für die Zukunft abzuleiten, müssen wir verstehen, wie sich Wetterextreme im Klima der Zukunft entwickeln. Ziel des Projektes PATTETA ist es, zu einem besseren Verständnis der Ursachen von klimawandelbedingten Veränderungen von Hitzewellen (Treibhausgase, Aerosole, Zirkulationsveränderungen, usw.) sowohl in der Vergangenheit als auch für die Zukunft zu verstehen und durch Attributionsstudien zu kommunizieren. PATTETA ist in drei Arbeitspakete mit spezifischen Zielen gegliedert: AP1: Verständnis des relativen Beitrags von Treibhausgasen und Aerosolen zur Veränderung von Hitzewellen in der Vergangenheit bis heute; AP2: Identifikation von zirkulationsbedingten Beiträge zu Hitzewellen, thermodynamischen Komponenten und deren Unsicherheiten; AP3: Wissenstransfer des Kommunikationsprojekts PostAG. Die klimatischen Faktoren aus AP1 und AP2 werden getrennt evaluiert, um die Entwicklung von Wetter und Wetterextremen unter verschiedenen klimatischen Bedingungen zu evaluieren. PATTETA trägt zur Attribution von Ursache und Wirkung von Veränderungen von Hitzewellen und Klimawandel bei. Durch die Auswertung verschiedener Faktoren und deren Einflüsse wird die Klimakommunikation hinsichtlich der erwartenden Veränderungen für die Gesellschaft verbessert.

Description

Climate change continues despite societal targets towards emission reductions. In order to design adaption plans, we need to understand how weather extremes will develop in the climate of the future. The aim of the PATTETA is to contribute to a better understanding of the causes of climate

change-induced changes of heat waves (greenhouse gases, aerosols, circulation changes, etc.) both in the past and for the future, and to communicate them through attribution studies. The aim of the PATTETA is to contribute to a better understanding of the causes of climate change-induced changes of heat waves (greenhouse gases, aerosols, circulation changes, etc.) both in the past and for the future, and to communicate them through attribution studies. PATTETA is divided into three work packages with specific objectives: WP 1: Understanding the relative contribution of greenhouse gases and aerosols to the change in heat waves from the past to the present – under different weather conditions in; WP2: Identification of circulation-related contributions to heat waves, thermodynamic components and their uncertainties in future projections.; WP3: Contribution to the knowledge transfer to the POSTAG communication projects. The climate factors from WP1 and WP2 are evaluated separately to evaluate the evolution of weather and weather extremes under different climatic conditions. PATTETA contributes to the attribution of cause and effect of changes in heat waves and climate change. By evaluating the various factors and their influences, climate communication regarding expected changes for society is improved.

Mittelgeber: BMBF Bundesministerium für Bildung und Forschung 01LP2323C

Akansu	Elisa F.	Dahlke, S., Siebert, H., and Wendisch, M.	Evaluation of methods to determine the surface mixing layer height of the atmospheric boundary layer in the central Arctic during polar night and transition to polar day in cloudless and cloudy conditions	doi:10.5194/acp-23-15473-2023 Atmos. Chem. Phys., 23, 15473–15489 (2023)
Awoleye	Peace O.	Ogunjobi, K. O., Balogun, I. A., and Wendisch, M.	Quantification of aerosol particle radiative forcing under cloud-free condition during dry season period over West Africa	doi:10.1007/s41810-023-00202-8 Aerosol Sci. Eng. (2023)
Becker	Sebastian	Ehrlich, A., Schäfer, M., and Wendisch, M.	Airborne observations of the surface cloud radiative effect during different seasons over sea ice and open ocean in the Fram Strait	doi:10.5194/acp-23-7015-2023 Atmos. Chem. Phys., 23, 7015–7031 (2023)
Chechin	Dmitry G.	Lüpkes, C., Hartmann, J., Ehrlich, A., and Wendisch, M.	Turbulent structure of the Arctic boundary layer in early summer driven by stability, wind shear and cloud-top radiative cooling: ACLOUD airborne observations	doi:10.5194/acp-23-4685-2023 Atmos. Chem. Phys., 23, 4685–4707 (2023)

Dauhut	Thibaut	Couvreux, F., Bouniol, D., Beucher, F., Volkmer, L., Pörtge, V., Schäfer, M. , Ayet, A., Brilouet, P., Jacob, M., and Wirth, M.	Flower trade-wind clouds are shallow mesoscale convective systems	doi:10.1002/qj.4409 Q. J. R. Meteorol. Soc., 149, 325–347 (2022)
Egerer	Ulrike	Cassano, J. J., Shupe, M. D., Boer, G. d., Lawrence, D., Doddi, A., Siebert, H., Jozef, G., Calmer, R., Hamilton, J., Pilz, C., and Lonardi, M.	Estimating turbulent energy flux vertical profiles from uncrewed aircraft system measurements: exemplary results for the MOSAiC campaign	doi:10.5194/amt-16-2297-2023 Atmos. Meas. Tech., 16, 2297–2317 (2023)
Ehrlich	André	Zöger, M., Giez, A., Nenakhov, V., Mallaun, C., Maser, R., Röschenhaller, T., Luebke, A. E., Wolf, K. , Stevens, B., and Wendisch, M.	A new airborne broadband radiometer system and an efficient method to correct dynamic thermal offsets	doi:10.5194/amt-16-1563-2023 Atmos. Meas. Tech., 16, 1563–1581 (2023)
Holanda	Bruna A.	Franco, M. A., Walter, D., Artaxo, P., Carbone, S., Cheng, Y., Chowdhury, S., Ditas, F., Gysel-Beer, M., Klimach, T., Kremper, L. A., Krüger, O. O., Lavric, J. V., Lelieveld, J., Ma, C., Machado, L. A. T., Modini, R. L., Moraes, F. G., Pozzer, A., Saturno, J., Su, H., Wendisch, M. , Wolff, S., Pöhlker, M. L., Andreae, M. O., Pöschl, U., and Pöhlker, C.	African biomass burning affects aerosol cycling over the Amazon	doi:10.1038/s43247-023-00795-5 Commun. Earth Environ., 4 (2023)

Jurányi	Zsófia	Zanatta, M., Lund, M. T., Samset, B. H., Skeie, R. B., Sharma, S., Wendisch, M. , and Herber, A.	Atmospheric concentrations of black carbon are substantially higher in spring than summer in the Arctic	doi:10.1038/s43247-023-00749-x Commun. Earth Environ., 4 (2023)
Kirbus	Benjamin	Chylik, J., Ehrlich, A. , Becker, S., Schäfer, M., Neggers, R., and Wendisch, M.	Analysis of an Arctic cold air outbreak during autumn and related air mass transformations forced by surface changes and advection in higher altitudes	doi:10.1525/elementa.2023.00079 Elem Sci Anth, 11 (2023)
Kirbus	Benjamin	Tiedeck, S., Camplani, A., Chylik, J., Crewell, S., Dahlke, S., Eboll, K., Gorodetskaya, I., Griesche, H., Handorf, D., Höschel, I., Lauer, M., Neggers, R., Rückert, J., Shupe, M. D., Spreen, G., Walbröl, A., Wendisch, M. , and Rinke, A.	Surface impacts and associated mechanisms of a moisture intrusion into the Arctic observed in mid-April 2020 during MOSAiC	doi:10.3389/feart.2023.1147848 Front. Earth Sci., 11 (2023)
Klingebiel	Marcus	Ehrlich, A. , Ruiz-Donoso, E., Rissee, N., Schirmacher, I., Jäkel, E., Schäfer, M., Wolf, K., Mech, M., Moser, M., Voigt, C., and Wendisch, M.	Variability and properties of liquid-dominated clouds over the ice-free and sea-ice-covered Arctic Ocean	doi:10.5194/acp-23-15289-2023 Atmos. Chem. Phys., 23, 15289–15304 (2023)
Liu	Yunfan	Su, H., Wang, S., Wei, C., Tao, W., Pöhlker, M. L., Pöhlker, C., Holanda, B. A., Krüger, O. O., Hoffmann, T., Wendisch, M. , Artaxo, P., Pöschl, U., Andreae, M. O., and Cheng, Y.	Strong particle production and condensational growth in the upper troposphere sustained by biogenic VOCs from the canopy of the Amazon Basin	doi:10.5194/acp-23-251-2023 Atmos. Chem. Phys., 23, 251–272 (2023)

Moser	Manuel	Voigt, C., Jurkat-Witschas, T., Hahn, V., Mioche, G., Jourdan, O., Dupuy, R., Gourbeyre, C., Schwarzenboeck, A., Lucke, J., Boose, Y., Mech, M., Borrmann, S., Ehrlich, A. , Herber, A., Lüpkes, C., and Wendisch, M.	Microphysical and thermodynamic phase analyses of Arctic low-level clouds measured above the sea ice and the open ocean in spring and summer	doi:10.5194/acp-23-7257-2023 Atmos. Chem. Phys., 23, 7257–7280 (2023)
Pilz	Christian	Lonardi, M. , Egerer, U., Siebert, H., Ehrlich, A. , Heymsfield, A. J., Schmitt, C. G., Shupe, M. D., Wehner, B., and Wendisch, M.	Profile observations of the Arctic atmospheric boundary layer with the BELUGA tethered balloon during MOSAiC	doi:10.1038/s41597-023-02423-5 Sci. Data, 10 (2023)
Romps	David M.	Latimer, K., Zhu, Q., Jurkat-Witschas, T., Mahnke, C., Prabhakaran, T., Weigel, R., and Wendisch, M.	Air pollution unable to intensify storms via warm-phase invigoration	doi:10.1029/2022gl100409 Geophys. Res. Lett., 50 (2023)
Rosenburg	Sophie	Lange, C. , Jäkel, E. , Schäfer, M. , Ehrlich, A. , and Wendisch, M.	Retrieval of snow layer and melt pond properties on Arctic sea ice from airborne imaging spectrometer observations	doi:10.5194/amt-16-3915-2023 Atmos. Meas. Tech., 16, 3915–3930 (2023)
Schirmacher	Imke	Kollias, P., Lamer, K., Mech, M., Pfitzenmaier, L., Wendisch, M. , and Crewell, S.	Assessing Arctic low-level clouds and precipitation from above – a radar perspective	doi:10.5194/amt-16-4081-2023 Atmos. Meas. Tech., 16, 4081–4100 (2023)

Sperzel	Tim R.	Jäkel, E. , Pätzold, F., Lampert, A., Niehaus, H., Spreen, G., Rosenburg, S. , Birnbaum, G., Neckel, N., and Wendisch, M.	Surface albedo measurements and surface type classification from helicopter-based observations during MOSAiC	doi:10.1038/s41597-023-02492-6 Sci. Data, 10 (2023)
Tan	Ivy	Sotiropoulou, G., Taylor, P. C., Zamora, L., and Wendisch, M.	A review of the factors influencing arctic mixed-phase clouds: progress and outlook	doi:10.1002/9781119700357.ch5 In: Clouds and Their Climatic Impacts, 103-132 (2023)
Wendisch	Manfred	Brückner, M. , Crewell, S., Ehrlich, A. , Notholt, J., Lüpkes, C., Macke, A., Burrows, J. P., Rinke, A., Quaas, J. , Maturilli, M., Schemann, V., Shupe, M. D., Akansu, E. F., Barrientos-Velasco, C., Bärnfuss, K., Blechschmidt, A., Block, K. , Bougoudis, I., Bozem, H., Böckmann, C., Bracher, A., Bresson, H., Bretschneider, L., Buschmann, M., Chechin, D. G., Chylik, J., Dahlke, S., Deneke, H., Dethloff, K., Donth, T., Dorn, W., Dupuy, R., Ebelt, K., Egerer, U., Engelmann, R., Eppers, O., Gerdes, R., Gierens, R., Gorodetskaya, I. V., Gottschalk, M., Griesche, H., Grynkiv, V. M., Handorf, D., Harm-Altstädtter, B., Hartmann, J., Hartmann, M., Heinold, B., Herber, A., Herrmann, H., Heygster, G., Höschel, I., Hofmann, Z., Hölemann, J.,	Atmospheric and surface processes, and feedback mechanisms determining Arctic amplification: a review of first results and prospects of the (AC) ³ project	doi:10.1175/bams-d-21-0218.1 Bull. Amer. Meteorol. Soc., 104, E208-E242 (2023)

Hünerbein, A., Jafariserajehlou, S., **Jäkel, E., Jacobi, C.**, Janout, M., Jansen, F., Jourdan, O., Jurányi, Z., **Kalesse-Los, H.**, Kanzow, T., Käthner, R., Kliesch, L. L., **Klingebiel, M.**, Knudsen, E. M., Kovács, T., Körtke, W., Krampe, D., **Kretzschmar, J.**, Kreyling, D., Kulla, B., Kunkel, D., Lampert, A., Lauer, M., Lelli, L., Lerber, A. v., **Linke, O.**, Löhnert, U., **Lonardi, M.**, Losa, S. N., Losch, M., **Maahn, M.**, Mech, M., Mei, L., Mertes, S., **Metzner, E.**, Mewes, D., Michaelis, J., Mioche, G., Moser, M., Nakoudi, K., Neggers, R., Neuber, R., Nomokonova, T., Oelker, J., **Papakonstantinou-Presvelou, I.**, Pätzold, F., Pefanis, V., Pohl, C., Pinxteren, M. v., Radovan, A., Rhein, M., Rex, M., Richter, A., Risse, N., Ritter, C., Rostosky, P., Rozanov, V. V., Donoso, E. R., Garfias, P. S., **Salzmann, M.**, Schacht, J., **Schäfer, M.**, Schneider, J., Schnierstein, N., Seifert, P., Seo, S., Siebert, H., Soppa, M. A., Spreen, G., Stachlewska, I. S., **Stapf, J.**, Stratmann, F., Tegen, I., Viceto, C., Voigt, C., Vountas, M., Walbröl, A., Walter, M., Wehner, B., Wex, H., Willmes, S., Zanatta, M., and Zeppenfeld, S.

Wendisch	Manfred	Stapf, J., Becker, S., Ehrlich, A., Jäkel, E., Klingebiel, M., Lüpkes, C., Schäfer, M., and Shupe, M. D.	Effects of variable ice–ocean surface properties and air mass transformation on the Arctic radiative energy budget	doi:10.5194/acp-23-9647-2023 Atmos. Chem. Phys., 23, 9647–9667 (2023)
Yeom	Jae Min	Szodry, K., Siebert, H., Ehrlich, A. , Mellado, J. P., Shaw, R. A., and Yum, S. S.	High-resolution measurements of microphysics and entrainment in marine stratocumulus clouds	doi:10.1002/qj.4586 Q. J. R. Meteorol. Soc. (2023)
Dawkins	Erin C. M.	Stober, G., Janches, D., Carrillo-Sánchez, J. D., Lieberman, R. S., Jacobi, C. , Moffat-Griffin, T., Mitchell, N. J., Cobbett, N., Batista, P. P., Andrioli, V. F., Buriti, R. A., Murphy, D. J., Kero, J., Gulbrandsen, N., Tsutsumi, M., Kozlovsky, A., Kim, J. H., Lee, C., and Lester, M.	Solar cycle and long-term trends in the observed peak of the meteor altitude distributions by meteor radars	doi:10.1029/2022gl101953 Geophys. Res. Lett., 50 (2023)
Eswaraiah	Sunkara	Seo, K., Kumar, K. N., Koval, A. V., Ratnam, M. V., Mengist, C. K., Chalapathi, G. V., Liu, H., Kwak, Y., Merzlyakov, E., Jacobi, Ch. , Kim, Y., Rao, S. V. B., and Mitchell, N. J.	Intriguing aspects of polar-to-tropical mesospheric teleconnections during the 2018 SSW: a meteor radar network study	doi:10.3390/atmos14081302 Atmosphere, 14, 1302 (2023)
Hufnagl	Leonhard	Eichinger, R., Garny, H., Birner, T., Kuchař, A. , Jöckel, P., and Graf, P.	Stratospheric ozone changes damp the CO ₂ -induced acceleration of the Brewer–Dobson circulation	doi:10.1175/jcli-d-22-0512.1 J. Clim., 36, 3305–3320 (2023)

Jacobi	Christoph	Kandieva, K., and Arras, C.	Migrating and nonmigrating tidal signatures in sporadic E layer occurrence rates	doi:10.5194/ars-20-85-2023 Adv. Radio Sci., 20, 85–92 (2023)
Jacobi	Christoph	Kuchar, A., Renkwitz, T., and Jaen, J.	Long-term trends of midlatitude horizontal mesosphere/lower thermosphere winds over four decades	doi:10.5194/ars-21-111-2023 Adv. Radio Sci., 21, 111–121 (2023)
Jaen	Juliana	Renkwitz, T., Liu, H., Jacobi, Ch. , Wing, R., Kuchař, A., Tsutsumi, M., Gulbrandsen, N., and Chau, J. L.	Long-term studies of the summer wind in the mesosphere and lower thermosphere at middle and high latitudes over europe	doi:10.5194/acp-23-14871-2023 Atmos. Chem. Phys., 23, 14871–14887 (2023)
Karami	Khalil	Borchert, S., Eichinger, R., Jacobi, Ch. , Kuchar, A., Mehrdad, S., Pisot, P., and Sacha, P.	The climatology of elevated stratopause events in the UA-ICON model and the contribution of gravity waves	doi:10.1029/2022jd037907 J. Geophys. Res. Atmos., 128 (2023)
Karami	Khalil	Garcia, R., Jacobi, Ch. , Richter, J. H., and Tilmes, S.	The Holton-Tan mechanism under stratospheric aerosol intervention	doi:10.5194/acp-23-3799-2023 Atmos. Chem. Phys., 23, 3799–3818 (2023)
Kuchar	Ales	Öhlert, M., Eichinger, R., and Jacobi, Ch.	Large ensemble assessment of the arctic stratospheric polar vortex	doi:10.5194/egusphere-2023-1831 EGUsphere [preprint] (2023)

Poblet	Facundo L.	Vierinen, J., Avsarkisov, V., Conte, J. F., Asokan, H. C., Jacobi, Ch. , and Chau, J. L.	Horizontal correlation functions of wind fluctuations in the mesosphere and lower thermosphere	doi:10.1029/2022jd038092 J. Geophys. Res. Atmos., 128 (2023)
Schmidtke	Gerhard Georg Bruno	Brunner, R., and Jacobi, Ch.	Proposal of an instrument design to observe annual changes in spectral outgoing radiation	doi:10.5194/egusphere-2023-139 EGUsphere [preprint] (2023)
Stober	Gunter	Vadas, S. L., Becker, E., Liu, A., Kozlovsky, A., Janches, D., Qiao, Z., Krochin, W., Shi, G., Yi, W., Zeng, J., Brown, P., Vida, D., Hindley, N., Jacobi, Ch. , Murphy, D., Buriti, R., Andrioli, V., Batista, P., Marino, J., Palo, S., Thorsen, D., Tsutsumi, M., Gulbrandsen, N., Nozawa, S., Lester, M., Baumgarten, K., Kero, J., Belova, E., Mitchell, N., and Li, N.	Gravity waves generated by the Hunga Tonga-Hunga Ha'apai volcanic eruption and their global propagation in the mesosphere/lower thermosphere observed by meteor radars and modeled with the High-Altitude General Mechanistic Circulation Model	doi:10.5194/egusphere-2023-1714 EGUsphere [preprint] (2023)
van Caspel	Willem E.	Espy, P., Hibbins, R., Stober, G., Brown, P., Jacobi, Ch. , and Kero, J.	A case study of the solar and lunar semidiurnal tide response to the 2013 sudden stratospheric warming	doi:10.1029/2023ja031680 J. Geophys. Res. Space Phys., 128, e2023JA031680 (2023)
Zhang	Shun-Rong	Cnossen, I., Laštovička, J., Elias, A. G., Yue, X., Jacobi, Ch. , Yue, J., Wang, W., Qian, L., and Goncharenko, L.	Long-term geospace climate monitoring	doi:10.3389/fspas.2023.1139230 Front. Astron. Space Sci., 10 (2023)

Bonazzola	Marine	Chepfer, H., Ma, P., Quaas, J. , Winker, D. M., Feofilov, A., and Schutgens, N.	Incorporation of aerosol into the cospv2 satellite lidar simulator for climate model evaluation	doi:10.5194/gmd-16-1359-2023 Geosci. Model Dev., 16, 1359–1377 (2023)
García-García	Almudena	Cuesta-Valero, F. J., Miralles, D. G., Mahecha, M. D., Quaas, J. , Reichstein, M., Zscheischler, J., and Peng, J.	Soil heat extremes can outpace air temperature extremes	doi:10.1038/s41558-023-01812-3 Nat. Clim. Change, 13, 1237–1241 (2023)
Gliksmann	Daniel	Averbeck, P., Becker, N., Gardiner, B., Goldberg, V., Grieger, J., Handorf, D., Haustein, K. , Karwat, A., Knutzen, F., Lentink, H. S., Lorenz, R., Niermann, D., Pinto, J. G., Queck, R., Zieman, A., and Franzke, C. L. E.	Review article: a european perspective on wind and storm damage- from the meteorological background to index-based approaches to assess impacts	doi:10.5194/nhess-23-2171-2023 Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 23, 2171–2201 (2023)
Goren	Tom	Sourdeval, O., Kretzschmar, J. , and Quaas, J.	Spatial aggregation of satellite observations leads to an overestimation of the radiative forcing due to aerosol-cloud interactions	doi:10.1029/2023gl105282 Geophys. Res. Lett., 50 (2023)
al Hajjar	Khaled	Salzmann, M.	Relative contributions of local heat storage and ocean heat transport to cold-season Arctic Ocean surface energy fluxes in CMIP6 models	doi:10.1002/qj.4496 Q. J. R. Meteorol. Soc., 149, 2091–2106 (2023)

Haustein	Karsten	Rayer, Q.	Water cycle changes in a warming world: the scientific background	doi:10.1007/978-3-031-23811-6_2 In: Water Risk Modeling, 15–50 (2023)
Jia	Hailing	Quaas, J.	Nonlinearity of the cloud response postpones climate penalty of mitigating air pollution in polluted regions	doi:10.1038/s41558-023-01775-5 Nat. Clim. Change, 13, 943–950 (2023)
Linke	Olivia	Quaas, J., Baumer, F., Becker, S., Chylik, J., Dahlke, S., Ehrlich, A., Handorf, D., Jacobi, Ch., Kalesse-Los, H., Lelli, L., Mehrdad, S., Neggers, R. A. J., Riebold, J., Garfias, P. S., Schnierstein, N., Shupe, M. D., Smith, C., Spreen, G., Verneuil, B., Vinjamuri, K. S., Vountas, M., and Wendisch, M.	Constraints on simulated past Arctic amplification and lapse rate feedback from observations	doi:10.5194/acp-23-9963-2023 Atmos. Chem. Phys., 23, 9963–9992 (2023)
Luo	Hao	Quaas, J., and Han, Y.	Examining cloud vertical structure and radiative effects from satellite retrievals and evaluation of cmip6 scenarios	doi:10.5194/acp-23-8169-2023 Atmos. Chem. Phys., 23, 8169–8186 (2023)
Metzner	Enrico P.	Salzmann, M.	Technical note: determining Arctic Ocean halocline and cold halostad depths based on vertical stability	doi:10.5194/os-19-1453-2023 Ocean Sci., 19, 1453–1464 (2023)

Pöhlker	Mira L.	Pöhlker, C., Quaas, J. , Mülmenstädt, J., Pozzer, A., Andreae, M. O., Artaxo, P., Block, K. , Coe, H., Ervens, B., Gallimore, P., Gaston, C. J., Gunthe, S. S., Henning, S., Herrmann, H., Krüger, O. O., McFiggans, G., Poulain, L., Raj, S. S., Reyes-Villegas, E., Royer, H. M., Walter, D., Wang, Y., and Pöschl, U.	Global organic and inorganic aerosol hygroscopicity and its effect on radiative forcing	doi:10.1038/s41467-023-41695-8 Nat. Commun., 14 (2023)
Rayer	Quintin	Haustein, K. , and Walton, P.	A framework for global warming induced extreme weather and water investment risks	doi:10.1007/978-3-031-23811-6_6 In: Water Risk Modeling, 153–187 (2023)
Rosenfeld	Daniel	Kokhanovsky, A., Goren, T. , Gryspeerdt, E., Hasekamp, O., Jia, H. , Lopatin, A., Quaas, J. , Pan, Z., and Sourdeval, O.	Frontiers in satellite-based estimates of cloud-mediated aerosol forcing	doi:10.1029/2022rg000799 Rev. Geophys., 61 (2023)
Rousi	Efi	Fink, A. H., Andersen, L. S., Becker, F. N., Beobide-Arsuaga, G., Breil, M., Cozzi, G., Heinke, J., Jach, L., Niermann, D., Petrovic, D., Richling, A., Riebold, J., Steidl, S., Suarez-Gutierrez, L., Tradowsky, J. S., Coumou, D., Düsterhus, A., Ellsäßer, F., Fragkoulidis, G., Gliksman, D., Handorf, D., Haustein, K. , Kornhuber, K., Kunstmann, H., Pinto, J. G., Warrach-Sagi, K., and Xoplaki, E.	The extremely hot and dry 2018 summer in central and northern europe from a multi-faceted weather and climate perspective	doi:10.5194/nhess-23-1699-2023 Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 23, 1699–1718 (2023)

Sanaei	Anvar	Herrmann, H., Alshaabi, L., Beck, J., Ferlian, O., Fomba, K. W., Haferkorn, S., Pinxteren, M. v., Quaas, J. , Quosh, J., Rabe, R., Wirth, C., Eisenhauer, N., and Weigelt, A.	Changes in biodiversity impact atmospheric chemistry and climate through plant volatiles and particles	doi:10.1038/s43247-023-01113-9 Commun. Earth Environ., 4 (2023)
Stjern	Camilla W.	Forster, P. M., Jia, H. , Jouan, C., Kasoar, M. R., Myhre, G., Olivié, D., Quaas, J. , Samset, B. H., Sand, M., Takemura, T., Voulgarakis, A., and Wells, C. D.	The time scales of climate responses to carbon dioxide and aerosols	doi:10.1175/jcli-d-22-0513.1 J. Clim., 36, 3537–3551 (2023)
Zachariah	Mariam	Kumari, S., Mondal, A., Haustein, K. , and Otto, F. E.	Attribution of the 2015 drought in marathwada, india from a multivariate perspective	doi:10.1016/j.wace.2022.100546 Weather and Climate Extremes, 39, 100546 (2023)
Kalesse-Los	Heike	Kötsche, A. , Foth, A., Röttenbacher, J., Vogl, T., and Witthuhn, J.	The Virga-Sniffer – a new tool to identify precipitation evaporation using ground-based remote-sensing observations	doi:10.5194/amt-16-1683-2023 Atmos. Meas. Tech., 16, 1683–1704 (2023)
Kecorius	Simonas	Hoffmann, E. H., Tilgner, A., Barrientos-Velasco, C., Pinxteren, M. v., Zeppenfeld, S., Vogl, T. , Madueño, L., Lovrić, M., Wiedensohler, A., Kulmala, M., Paasonen, P., and Herrmann, H.	Rapid growth of aitken-mode particles during arctic summer by fog chemical processing and its implication	doi:10.1093/pnasnexus/pgad124 PNAS Nexus, 2 (2023)

Lochmann	Moritz	Kalesse-Los, H., Schäfer, M. , Heinrich, I., and Leinweber, R.	Analysing wind power ramp events and improving very short-term wind power predictions by including wind speed observations	doi:10.1002/we.2816 Wind Energy, 26, 573–588 (2023)
Rizik	Ali	Battaglia, A., Tridon, F., Scarsi, F. E., Kötsche, A. , Kalesse-Los, H., Maahn, M., and Illingworth, A.	Impact of crosstalk on reflectivity and doppler measurements for the WIVERN polarization diversity doppler radar	doi:10.1109/tgrs.2023.3320287 IEEE Trans. Geosci. Remote Sens., 61, 1–14 (2023)
Saavedra Garfias	Pablo	Kalesse-Los, H., Albedyll, L. v., Griesche, H., and Spreen, G.	Asymmetries in cloud microphysical properties ascribed to sea ice leads via water vapour transport in the central arctic	doi:10.5194/acp-23-14521-2023 Atmos. Chem. Phys., 23, 14521–14546 (2023)
Aravindhavel	A.	Choudhury, G. , Prabhakaran, T., Murugavel, P., and Tesche, M.	Retrieval and validation of cloud condensation nuclei from satellite and airborne measurements over the indian monsoon region	doi:10.1016/j.atmosres.2023.106802 Atmos. Res., 290, 106802 (2023)
Choudhury	Goutam	Tesche, M.	A first global height-resolved cloud condensation nuclei data set derived from spaceborne lidar measurements	doi:10.5194/essd-15-3747-2023 Earth Syst. Sci. Data, 15, 3747–3760 (2023)

Seelig	Torsten	Müller, F., and Tesche, M.	Do optically denser trade-wind cumuli live longer?	doi:10.1029/2023gl103339 Geophys. Res. Lett., 50 (2023)
Maherndl	Nina	Maahn, M., Tridon, F., Leinonen, J., Ori, D., and Kneifel, S.	A riming-dependent parameterization of scattering by snowflakes using the self-similar rayleigh-gans approximation	doi:10.1002/qj.4573 Q. J. R. Meteorol. Soc., 149, 3562–3581 (2023)
Steinke	Jonathan	Ortiz-Crespo, B., Etten, J. v., Borman, G. D., Hassena, M., Kretschmer, M. , MacLeod, D. A., and Muungani, D.	Seasonal seed scenario planning: co-design of a generic framework for matching seed supply and demand using seasonal climate forecasts	doi:10.1016/j.cliser.2023.100410 Clim. Serv., 32, 100410 (2023)
Bastos	Ana	Sippel, S. , Frank, D., Mahecha, M. D., Zehle, S., Zscheischler, J., and Reichstein, M.	A joint framework for studying compound ecoclimatic events	doi:10.1038/s43017-023-00410-3 Nat. Rev. Earth Environ., 4, 333–350 (2023)
Brunner	Lukas	Sippel, S.	Identifying climate models based on their daily output using machine learning	doi:10.1017/eds.2023.23 Environ. Data Sci., 2, E22 (2023)
Fischer	Erich M.	Beyerle, U., Bloin-Wibe, L., Gessner, C., Humphrey, V., Lehner, F., Pendergrass, A. G., Sippel, S. , Zeder, J., and Knutti, R.	Storylines for unprecedented heatwaves based on ensemble boosting	doi:10.1038/s41467-023-40112-4 Nat. Commun., 14, 4643 (2023)

Singh	Jitendra	Sippel, S. , and Fischer, E. M.	Circulation dampened heat extremes intensification over the midwest usa and amplified over western europe	doi:10.1038/s43247-023-01096-7 Commun. Earth Environ., 4, 432 (2023)
Mahecha	Miguel D.	Bastos, A., Bohn, F., Eisenhauer, N., Feilhauer, H., Hickler, T., Kalesse-Los, H. , Migliavacca, M., Otto, F. E. L., Peng, J., Tegen, I., Weigelt, A., Wendisch, M. , Wirth, C., Al-Halbouni, D., Deneke, H. M., Doktor, D., Dunker, S., Ehrlich, A. , Foth, A. , García-García, A., Guerra, C. A., Guimarães-Steinicke, C., Hartmann, H., Henning, S., Herrmann, H., Ji, C., Kattenborn, T., Kolleck, N., Kretschmer, M. , Kühn, I., Luttkus, M. L., Maahn, M. , Mönks, M., Mora, K., Pöhlker, M., Reichstein, M., Rüger, N., Sánchez-Parra, B., Schäfer, M. , Sippel, S. , Tesche, M. , Wehner, B., Wieneke, S., Winkler, A., Wolf, S., Zaehle, S., Zscheischler, J., and Quaas, J.	Biodiversity and climate extremes: known interactions and research gaps	doi: 10.22541/essoar.169462031.19744802/v1 ESS Open Archive [preprint] (2023)
Sippel	Sebastian	Barnes, C., Cadiou, C., Fischer, E., Kew, S., Kretschmer, M. , Philip, S., Shepherd, T. G., Singh, J., Vautard, R., and Yiou, P.	An extreme cold central european winter such as 1963 is unlikely but still possible despite climate change	doi:10.5194/egusphere-2023-2523 EGUspHERE [preprint] (2023)

Vautard	Robert	Cattiaux, J., Happé, T., Singh, J., Bonnet, R., Cassou, C., Coumou, D., D'Andrea, F., Faranda, D., Fischer, E., Ribes, A., Sippel, S. , and Yiou, P.	Heat extremes in western europe increasing faster than simulated due to atmospheric circulation trends	doi:10.1038/s41467-023-42143-3 Nat. Commun., 14 (2023)
Zeder	Joel	Sippel, S. , Pasche, O. C., Engelke, S., and Fischer, E. M.	The effect of a short observational record on the statistics of temperature extremes	doi:10.1029/2023gl104090 Geophys. Res. Lett., 50, e2023GL104090 (2023)

Gremium Mitgliedschaft

Prof. Dr. Manfred Wendisch:

Seit 2010	Koordinator des DFG-SPP (Schwerpunktprogramm) 1294 zu HALO (High Altitude and Long Range Research Aircraft), gemeinsam mit Prof. J. Curtius (Uni Frankfurt am Main) und Mirko Scheinert (TU Dresden)
Seit 2011	Ordentliches Mitglied der Sächsischen Akademie der Wissenschaften
Seit 2012	Gewähltes Mitglied im IRC (Internationale Strahlungskommission) innerhalb von IAMAS
Seit 2012	Vize-Sprecher der „Leibniz-Graduate School on Clouds, Aerosols, and Radiation (LGS-CAR)“
Seit 2015	Mitglied des Wissenschaftlichen Beirats des Deutschen Wetterdienstes (DWD)
Seit 2015	Mitglied des Programmrates des „Hans-Ertel-Zentrum für Wetterforschung (HErZ)“ des DWD
Seit 2016	Mitglied des Präsidiums der Sächsischen Akademie der Wissenschaften
Seit 2016	Stellvertretender Vorsitzender des Wissenschaftlichen Lenkungsausschuss (WLA) für HALO (High Altitude and Long Range Research Aircraft)
Seit 2016	Sprecher des Sonderforschungsbereiches SFB-Transregio 172: „Arktische Verstärkung: Klimarelevante Atmosphären- und Oberflächenprozesse, und Rückkopplungsmechanismen (AC) ³ “
Seit 2016	Koordinator des YOPP (Year of Polar Prediction) Task Teams zu Flugzeuggetragenen Messplattformen
Seit 2017	Mitglied des Projekt-Komitees für MOSAiC (<u>M</u> ultidisciplinary drifting <u>O</u> bservatory for the <u>S</u> tudy of <u>A</u> rctic <u>C</u> limate), Team Koordinator für Flugzeugoperation
Seit 2017	Mitglied DFG-Senatskommission für Erdsystemforschung
Seit 2019	Mitglied der International Commission on Atmospheric Chemistry and Global Pollution, ICACGP, of the International Association of Meteorology and Atmospheric Science IAMAS. http://www.icacgp.org
Seit 2020	Mitglied des deutschen Nationalkomitees SCAR/IASC (Scientific Committee on Arctic Research / International Arctic Science Committee)
Seit 2020	Mitglied des Kuratoriums des Alfred-Wegener-Instituts, Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung (AWI)
Seit 2020	Mitglied im DFG Fachkollegium 313 «Atmosphären- und Klimaforschung» für das Fach 313-01 «Physik und Chemie der Atmosphäre», Stellvertretender Sprecher
Seit 2020	Vorsitzender des Wissenschaftlichen Beirats des Deutschen Wetterdienstes (DWD)
Seit 2020	Vize-Präsident IRC (Internationale Strahlungskommission) innerhalb von IAMAS
Seit 2021	Gewähltes Mitglied im Senat der Universität Leipzig
Seit 2022	Sprecher im DFG Fachkollegiums 313 «Atmosphären- und Klimaforschung» für das Fach 313-01 „Physik und Chemie der Atmosphäre“

Prof. Dr. Christoph Jacobi:

Mitglied im Vorstand der Meteorologischen Gesellschaft, Sektion Mitteldeutschland
Leiter der Division II „Aeronomic Phenomena“ der IAGA
Leiter der Arbeitsgruppe II-D der IAGA: „External Forcing of the Middle Atmosphere“
Vorsitzender der Mitgliederversammlung des TROPOS

Prof. Dr. Johannes Quaas:

Vorsitz, Sektion Mitteldeutschland, Deutsche Meteorologische Gesellschaft
Mitglied im Fakultätsrat, Fakultät für Physik und Geowissenschaften
Prodekan, Fakultät für Physik und Geowissenschaften
Mitglied im Wissenschaftlichen Beirat, Leibniz-Institut für Troposphärenforschung
Scientific Steering Committee, Aerosols-Clouds-Precipitation and Climate Initiative
Mitglied im Wissenschaftlichen Beirat, Deutsches Klimarechenzentrum
Stellvertretender Vorsitz, University Partnership for Atmospheric Sciences

Dr. Maximilian Maahn:

Member ESA WIVERN (wind velocity radar nephoscope) Mission Advisory Group

Mitgliedschaften in Redaktionskollegien, Herausgebergruppen**Prof. Dr. Manfred Wendisch:**

Seit 2008	Ko-Editor "Journal on Atmospheric Measurement Techniques"
Seit 2019	Mitglied im Editorial Board des <i>Bulletin of the American Meteorological Society (BAMS)</i> (Subject Matter Editor for Aerosol and Cloud Physics)

Prof. Dr. Christoph Jacobi:

Annales Geophysicae	Editor-in-Chief
Mitteilungen der DMG	Mitglied Redaktionsteam
Front. Astronom. Space Sci.	Gasteditor

Prof. Dr. Johannes Quaas:

Atmospheric Chemistry and Physics
Meteorologische Zeitschrift (Special Issue)

PD Dr. Matthias Tesche:

Atmospheric Chemistry and Physics

Dr. Maximilian Maahn:

Atmospheric Measurement Techniques Editor

Jun.-Prof. Dr. Marlene Kretschmer

Associate Editor bei *Atmospheric Science Letters*
Lead Editor beim Special Issue "Novel data science approaches to evaluate weather and climate extremes" bei *Atmospheric Science Letters*

Dr. Andreas Foth:

Editorship bei Meteorologische Zeitschrift, Contributions to Atmospheric Sciences,

Auszeichnungen/Preise

Dr. Haoran Li:

Humboldt-Forschungsstipendium

Teresa Vogl:

University Partnership for Atmospheric Sciences (UPAS) student idea pot 2023

Mitarbeitende am LIM 2023

Name	E-Mail-Adresse
Addison, Freya	freya.addison@uni-leipzig.de
Alexandri, Fani	fani.alexandri@uni-leipzig.de
Becker, Sebastian	sebastian.becker@uni-leipzig.de
Block, Karoline	karoline.block@uni-leipzig.de
Brückner, Marlen	m.brueckner@uni-leipzig.de
Doktorowski, Sabine	sabine.hoernig@uni-leipzig.de
Ehrlich, André	a.ehrlich@uni-leipzig.de
Ettrichrätz, Veronika	veronika.ettrichraetz@uni-leipzig.de
Fortunato-Winter, Dominique	dominique.fortunato-winter@uni-leipzig.de
Foth, Andreas	andreas.foth@uni-leipzig.de
Füldner, Christiane	christiane.fueldner@zv.uni-leipzig.de
Genz, Christa	christa.genz@uni-koeln.de
Gonzalez Villarreal, Jessenia	jessenia.gonzalezv@uni-leipzig.de
Goren, Tom	tom.goren@uni-leipzig.de
Haghightanasab, Mahnoosh	mahnoosh.haghightanasab@uni-leipzig.de
Haustein, Karsten	karsten.haustein@uni-leipzig.de
Heckl, Mareike	mareike.heckl@uni-leipzig.de
Henkes, Alice	alice.henkes@uni-leipzig.de
Jacobi, Christoph	jacobi@rz.uni-leipzig.de
Jäkel, Evelyn	e.jaekel@uni-leipzig.de
Kaiser, Falk	fkaiser@uni-leipzig.de
Kalesse-Los, Heike	heike.kalesse@uni-leipzig.de
Karami, Khalil	khalil.karami@uni-leipzig.de
Kirbus, Benjamin	benjamin.kirbus@uni-leipzig.de
Klingebiel, Marcus	marcus.klingebiel@uni-leipzig.de
Kretschmer, Marlene	marlene.kretschmer@uni-leipzig.de
Kretzschmar, Jan	jan.kretzschmar@uni-leipzig.de
Kumar, Anish	anish.kumar@uni-leipzig.de
Kötsche, Anton	anton.koetsche@uni-leipzig.de
Lange, Charlotte	charlotte.lange@uni-leipzig.de
Lenhardt, Julien	julien.lenhardt@uni-leipzig.de
Lindemann, Simone	simone.lindemann@uni-leipzig.de
Linke, Olivia	olivia.linke@uni-leipzig.de
Luebke, Anna	anna.luebke@uni-leipzig.de
Maahn, Maximilian	maximilian.maahn@uni-leipzig.de
Maherndl, Nina	nina.maherndl@uni-leipzig.de
Marjani, Sajedeh	sajedeh.marjani@uni-leipzig.de
Mehrdad, Sina	sina.mehrdad@uni-leipzig.de
Metzner, Enrico Paul	enrico.metzner@uni-leipzig.de
Müller, Felix	felix.mueller.2@uni-leipzig.de
Müller, Hanno	hanno.mueller@uni-leipzig.de
Papakonstantinou Presvelo, Iris	iris.papakonstantinou-presvelou@uni-leipzig.de
Pfeifer, Nils	nils.pfeifer@uni-leipzig.de
Quaas, Johannes	johannes.quaas@uni-leipzig.de
Rosenburg, Sophie	sophie.rosenburg@uni-leipzig.de
Röttenbacher, Johannes	johannes.roettenbacher@uni-leipzig.de
Salzmann, Marc	marc.salzmann@uni-leipzig.de
Schandert, Katrin	schandrt@rz.uni-leipzig.de
Schwarz, Anja	anja.schwarz@uni-leipzig.de
Schäfer, Michael	michael.schaefer@uni-leipzig.de
Seelig, Torsten	torsten.seelig@uni-leipzig.de

Seydel, Birgit	birgit.seydel@uni-leipzig.de
Sippel, Sebastian	sebastian.sippel@uni-leipzig.de
Sperzel, Tim Robert	tim.sperzel@uni-leipzig.de
Sudhakar, Dipu	dipu.sudhakar@uni-leipzig.de
Tesche, Matthias	matthias.tesche@uni-leipzig.de
Tesche-Achttert, Peggy	peggy.achttert@uni-leipzig.de
Vaishnav, Rajesh	rajesh-ishwardas.vaishnav@uni-leipzig.de
Wendisch, Manfred	m.wendisch@uni-leipzig.de
Witthuhn, Jonas	jonas.witthuhn@uni-leipzig.de
Wolter, Steffen	steffen.wolter@uni-leipzig.de

Anzahl der Studierenden am Institut für Meteorologie

Bachelor of Science Meteorologie

Datum	Semester	1.FS	2.FS	3.FS	4.FS	5.FS	6.FS	7.FS	8.FS	9.FS	10.FS	>10.FS	gesamt
15.10.23	WS 23/24	33	1	31		18		16		7	1	3	110
15.10.22	WS 22/23	55		25		23		16	2	5		2	128
15.10.21	WS 21/22	40		27		24	4	12		4	1		112
15.10.20	WS 20/21	34	1	32	7	21		9	2	2		1	109
15.10.19	WS 19/20	58		17		12		9					96
15.10.18	WS 18/19	48		14		9		5					76
15.10.17	WS 17/18	37		17		7		5					66
15.10.16	WS 16/17	48		7		5		3					63
15.10.15	WS 15/16	35		5		9		3					52
15.10.14	WS 14/15	35		14		15		3		3		1	71
15.10.13	WS 13/14	39		23		21		13		4			100
15.10.12	WS 12/13	60		29	1	22	2	16	1	2			133
15.10.11	WS 11/12	60		27		26	1	19		1			134
15.10.10	WS 10/11	64		34		20							118
15.10.09	WS 09/10	67		21		20							108
15.10.08	WS 08/09	71		28		12							111
15.10.07	WS 07/08	98		15									113
13.12.06	WS 06/07	31											31

Master of Science Meteorologie / Meteorology

Datum	Semester	1.FS	2.FS	3.FS	4.FS	5.FS	6. FS	7. FS	>7. FS	gesamt
15.10.23	WS23/24	9	10	9		8		4	2	42
15.10.22	WS22/23	11		8		11	4	5	2	41
15.10.21	WS21/22	8		13						21
15.10.20	WS20/21	14	4	6	1	3	1			29
15.10.19	WS 19/20	9		5		5				19
15.10.18	WS18/19	5		5		9				19
15.10.17	WS 17/18	5		9		10				24
15.10.16	WS 16/17	9		13		17				39
15.10.15	WS 15/16	13		19		18				50
15.10.14	WS 14/15	19		18		16				53
15.10.13	WS 13/14	18		16		20				54
15.10.12	WS 12/13	18		20	1	15				54
15.10.11	WS 11/12	21		17		10				48
15.10.10	WS 10/11	20		9		5				34
15.10.09	WS 09/10	11								11

Diplom Meteorologie (bis 2013)

Datum	Semester	1.FS	2.FS	3.FS	4.FS	5.FS	6.FS	7.FS	8.FS	9.FS	10.FS	>10.FS	Meteo. Dipl.
15.10.2013	WS 13/14											2	2
17.10.2012	WS 12/13											3	3
16.10.2011	WS 11/12											3	3
15.10.2010	WS 10/11											14	14
15.10.2009	WS 09/10								14		7		21
15.10.2008	WS 08/09							14		23	1	25	63
15.10.2007	WS 07/08					22		26	1	18	2	19	88
13.12.2006	WS 06/07		40		36		24	2	14	1	17	1	175
15.10.2005	WS 05/06	109		49		30	2	16	1	17	1	13	237
08.12.2004	WS 04/05	97		35	1	20		19		12	1	15	200
03.12.2003	WS 03/04	68	1	25		20	1	13	1	12	1	13	155
14.10.2002	WS 02/03	45		19		16		15	1	12	1	9	118
06.12.2001	WS 01/02	43		21		16		13		7		5	105
07.12.2000	WS 00/01	41	1	27		22		8		6	1	6	112
01.12.1999	WS 99/00	40		24		9		9		6	1	6	95
16.12.1998	WS 98/99	36		11		17	1	9	1	5		8	88
10.11.1997	WS 97/98	29		17		10	1	8		7		4	76

Abgeschlossene Arbeiten im Fachgebiet Meteorologie im Jahr 2023**Abgeschlossene Bachelorarbeiten**

Benedikt, Leonard

Räumliche Variabilität des Niederschlags aus Messungen mit drei identischen Laserniederschlagsmonitoren

Haftmann, Lena

Erprobung einer neuen Methode zur Bestimmung mineralischer Eiskeime

Lange, Charlotte

Derivation of particle size and liquid water fraction of Arctic snow surfaces from airborne measurements

Assenbaum, Amelie

Aufbau und Charakterisierung eines Experiments zur Untersuchung von Sekundäreisprozessen

Stallmach, Anja Kathrin

Analysis of the meteorological situation during the pyroCb outbreaks of the Australian New Year Wildfire 2019/20

Hartmann, Ralf

Boundary Layer Aerosol and Ice Formation

Urban, Jonas

Charakterisierung des Kronendurchlass und durchfallenden Niederschlags unter verschiedenen Baumarten

Fiedler, Rene

Validierung satellitengestützter Wolkenbeobachtungen mittels bodengebundener Fernerkundung während EUREC[h]4[/h]A

Roggisch, Lena

Relevance of anthropogenic Aerosol for fog occurrence and intensity

Themel, Pauline

Welchen Einfluss haben Aerosole von Vulkanausbrüchen und Waldbränden auf das Auftreten von Zirruswolken?

Sührig, Anna

Einfluss des Lockdowns im Frühjahr 2020 auf die Luftqualität in Deutschland

Wittig, Johanna Marie

Einfluss von Pollen auf die Niederschlagshäufigkeit von Mischphasenwolken

Horn, Christian

Untersuchung der räumlichen Struktur von simulierten konvektiven Ereignissen über

Deutschland

Kellermann, Mona Sophia

Examining aerosol properties during an Arctic Haze event in Ny-Ålesund
(Svalbard) using tethered balloon and ground based measurements

Wolfram, Michelle Sophie

Bestimmung der Wolkenbasishöhe mit unterschiedlichen Methoden

Abgeschlossene Masterarbeiten

Hirche, Pascal

Assessment of the uncertainties of microwave radiometer retrievals based on soundings or Era5 model data by means of sensitivity studies

Löbel, Sophie

Biological ice nuclei in air and rainwater samples: studies on ice nucleating potential, macromolecular composition and morphology

Seidel, Johanna

Is secondary ice production as consequence of collisions between supercooled droplets and ice particles a relevant process? -A laboratory investigation

Bader, Nico

Can Convective Initiation provide Indicators for Convective Severity?

Gast, Benedikt

Implementation of a fluorescence channel in a multiwavelength lidar system to measure biological particles in the atmosphere

Krautwig, Thomas Martin

INFLUENCE OF MACROMOLECULAR COMPOSITION OF POLLEN GRAINS ON THEIR ICE NUCLEATION POTENTIAL

Weikert, Hanna

Non-Parametric Supervised Machine Learning for Classification and Analysis of Simulated Cloud Distributions

Hamann, Thies

Modulation of air quality extremes due to vegetation in CMIP6 climate models

Käplinger, Hannah

Simulation of rapid adjustments to aerosol-radiation interactions over land with ICON

Thoböll, Jakob

Potential of extinction-based retrievals for in situ measurements of liquid water content in arctic boundary layer clouds

Hoffmann, Rasmus

Particle deliquescence in a turbulent humidity field

Roschke, Johanna

Towards discriminating between Drizzle or rain and sea salt in CloudNet for measurements over the Barbados Cloud Observatory

Al Hajjar, Mohammed Khaled

Dynamics of Arctic Oscillation in Aerosol Forcing Scenario: Implication to Lapse Rate Feedback.

Abgeschlossene Promotionen

Choudhury, Goutam

Cloud condensation nuclei concentrations from spaceborne lidar measurements – Methodology and validation

Lochmann, Moritz

Improving wind power predictions on very short-term scales by including wind speed observations in the power forecast

Krüger, Ovid Oktavian

Sources, spatio-temporal variation and co-variability of cloud condensation nuclei and black carbon

Ohneiser, Kevin

Lidar Observations of Record-breaking Stratospheric Wildfire Smoke Events in 2019-2021: Siberian Smoke over the Central Arctic and Australian Smoke over South America

Tatzelt, Christian

Cloud Condensation Nuclei and Ice-Nucleating Particles over the Southern Ocean: Abundance and Properties during the Antarctic Circum-navigation Expedition

Faust, Matthias

Modelling of Dust Emissions from Agricultural Sources in Europe

Tzallas, Vasileios

Development and applications of a cloud regime dataset over Europe using satellite observations

**Wissenschaftliche Mitteilungen aus dem Institut für Meteorologie der
Universität Leipzig**

- | | |
|------------|---|
| Band 1 | <i>A. Raabe, G. Tetzlaff und W. Metz</i> (Edn.), 1995: Meteorologische Arbeiten aus Leipzig I |
| Band 2 | <i>R. Devantier</i> , 1995: Wolkenbildungsprozesse über der südwestlichen Ostsee - Anwendungen eines neuen Wolkenschemas in einem mesoskaligen Modell |
| Band 3 | <i>J. Laubach</i> , 1996: Charakterisierung des turbulenten Austausches von Wärme, Wasserdampf und Kohlendioxid über niedriger Vegetation anhand von Eddy-Korrelations-Messungen |
| Band 4 | <i>A. Raabe und J. Heintzenberg</i> (Edn.), 1996: Meteorologische Arbeiten aus Leipzig II |
| Band 5 | Wind- und Seegangsatlas für das Gebiet um Darß und Zingst |
| Band 6 | <i>D. Hinneburg, A. Raabe und G. Tetzlaff</i> , 1997: Teil I: Windatlas
W. von Hoyningen-Huene und G. Tetzlaff (Edn.), 1997: Sediment and Aerosol
Teil I: Beiträge zur Alfred-Wegener-Konferenz, Leipzig 1997
Teil II: Aktuelle Beiträge aus dem Institut für Meteorologie |
| Band 7 | <i>B.-R. Beckmann</i> , 1997: Veränderungen in der Windklimatologie und in der Häufigkeit von Sturmhochwassern an der Ostseeküste Mecklenburg-Vorpommerns |
| Band 8 | <i>P. Posse</i> , 1997: Bestimmung klimarelevanter Parameter des maritimen Aerosols unter besonderer Berücksichtigung der Nictkugelform realer Aerosolteilchen |
| Band 9 | <i>A. Raabe, K. Arnold und J. Heintzenberg</i> (Edn.), 1998: Meteorologische Arbeiten aus Leipzig III |
| Band 10 | Wind- und Seegangsatlas für das Gebiet um Darß und Zingst, Teil II, 1998:
<i>D. Hinneburg, A. Raabe und G. Tetzlaff</i> : Vergleich Windatlas –Beobachtungsdaten; <i>M. Börngen, H.-J. Schönfeldt, F. Riechmann, G. Panin und G. Tetzlaff</i> : Seegangsatlas; <i>M. Stephan und H.-J. Schönfeldt</i> : Sedimenttransportatlas |
| Band 11 | <i>J. Rissmann</i> , 1998: Der Einfluss langwelliger Strahlungsprozesse auf das bodennahe Temperaturprofil |
| Band 12 | <i>A. Raabe, K. Arnold und J. Heintzenberg</i> (Edn.), 1999: Meteorologische Arbeiten aus Leipzig IV |
| Band 13 | <i>U. Müller, W. Kuttler und G. Tetzlaff</i> (Edn.), 1999: Workshop Stadtklima 17. / 18. 02. 1999 in Leipzig |
| Band 14 | <i>R. Surkow</i> , 1999: Optimierung der Leistungsverfügbarkeit von Windenergie durch ihre Integration in Wind-Biogas-Hybridanlagen |
| Band 15 | <i>N. Mölders</i> , 1999: Einfache und akkumulierte Landnutzungsänderungen und ihre Auswirkungen auf Evapotranspiration, Wolken- und Niederschlagsbildung |
| Band 16 | <i>G. Tetzlaff und U. Grünwald</i> (Edn.), 1999: 2. Tagung des Fachausschusses Hydrometeorologie 15./16. 11. 1999 in Leipzig |
| Band 17 | <i>A. Raabe und K. Arnold</i> (Edn.), 2000: Meteorologische Arbeiten aus Leipzig V |
| Band 18 | <i>K. Arnold</i> , 2000: Ein experimentelles Verfahren zur Akustischen Tomographie im Bereich der atmosphärischen Grenzschicht |
| Band 19 | <i>A. Ziemann</i> , 2000: Eine theoretische Studie zur akustischen Tomographie in der atmosphärischen Grenzschicht |
| Band 20 | <i>Ch. Jacobi</i> , 2000: Midlatitude mesopause region dynamics and its coupling with lower and middle atmospheric processes |
| Band 21 | <i>M. Klingspohn</i> , 2000: Interdekadische Klimavariabilität über dem Nordatlantik – Statistische Analysen und Modellstudien – |
| Band 22 | <i>A. Raabe und K. Arnold</i> (Edn.), 2001: Meteorologische Arbeiten aus Leipzig VI |
| Band 23 | <i>K. Arnold, A. Ziemann, G. Tetzlaff, V. Mellert und A. Raabe</i> (Edn.), 2001: International Workshop Tomography and Acoustics: Recent developments and methods 06. - 07.03.2001 in Leipzig |
| Band 24 | <i>O. Fanenbruck</i> , 2001: Ein thermophysiolgisches Bewertungsmodell mit Anwendung auf das Leipziger Stadtgebiet |
| Band 25 | <i>M. Lange</i> , 2001: Modellstudien zum CO ₂ -Anstieg und O ₃ -Abbau in der mittleren Atmosphäre und Einfluss des Polarwirbels auf die zonale Symmetrie des Windfeldes in der Mesopausenregion |
| Band 26 | <i>A. Raabe und K. Arnold</i> (Edn.), 2002: Meteorologische Arbeiten aus Leipzig VII |
| Band 27 | <i>M. Simmel</i> , 2002: Ein Modul zur spektralen Beschreibung von Wolken und Niederschlag in einem Mesoskalenmodell zur Verwendung auf Parallelrechnern |
| Band 28 | <i>H. Siebert</i> , 2002: Tethered-Balloon Borne Turbulence Measurements in the Cloudy Boundary Layer |
| Sonderband | <i>G. Tetzlaff</i> (Hrsg.), 2002: Atmosphäre - Aktuelle Beiträge zu Luft, Ozon, Sturm, Starkregen und Klima |
| Band 29 | <i>U. Harlander</i> , 2003: On Rossby wave propagation in atmosphere and ocean |
| Band 30 | <i>A. Raabe und K. Arnold</i> (Edn.), 2003: Meteorologische Arbeiten aus Leipzig VIII |
| Band 31 | <i>M. Wendisch</i> , 2003: Absorption of Solar Radiation in the Cloudless and Cloudy Atmosphere |
| Band 32 | <i>U. Schlink</i> , 2003: Longitudinal Models in Biometeorology: Effect Assessment and Forecasting of Ground-level Ozone |
| Band 33 | <i>H. Heinrich</i> , 2004: Finite barotrope Instabilität unter synoptischem Antrieb |
| Band 34 | <i>A. Raabe und K. Arnold</i> (Edn.), 2004: Meteorologische Arbeiten aus Leipzig IX |
| Band 35 | <i>C. Stolle</i> , 2004: Three-dimensional imaging of ionospheric electron density fields using GPS observations at the ground and on board the CHAMP satellite |
| Band 36 | <i>A. Raabe und K. Arnold</i> (Edn.), 2005: Meteorologische Arbeiten (X) und Jahresbericht 2004 des Institutes für Meteorologie der Universität Leipzig |
| Band 37 | <i>A. Raabe und K. Arnold</i> (Edn.), 2006: Meteorologische Arbeiten (XI) und Jahresbericht 2005 des Institutes für Meteorologie der Universität Leipzig |
| Band 38 | <i>K. Fröhlich</i> , 2006: The Quasi Two-Day Wave – its impact on zonal mean circulation and wave-wave interactions in the middle atmosphere |
| Band 39 | <i>K. Radtke</i> , 2006: Zur Sensitivität von Starkwindfeldern gegenüber verschiedenen meteorologischen Parametern im Mesoskalenmodell LM |

- Band 40 *K. Hungershöfer*, 2007: Optical Properties of Aerosol Particles and Radiative Transfer in Connection with Biomass Burning
- Band 41 *A. Raabe* (Hrsg.), 2007: Meteorologische Arbeiten (XII) und Jahresbericht 2006 des Institutes für Meteorologie der Universität Leipzig
- Band 42 *A. Raabe* (Hrsg.), 2008: Meteorologische Arbeiten (XIII) und Jahresbericht 2007 des Institutes für Meteorologie der Universität Leipzig
- Band 43 *A. Kniffka*, 2008: Einfluss der Inhomogenitäten von Aerosol, Bodenalbedo und Wolken auf das aktinische Strahlungsfeld der Atmosphäre
- Band 44 *M. Barth*, 2009: Akustische Tomographie zur zeitgleichen Erfassung von Temperatur- und Strömungsfeldern
- Band 45 *A. Raabe* (Hrsg.), 2009: Meteorologische Arbeiten (XIV) und Jahresbericht 2008 des Institutes für Meteorologie der Universität Leipzig
- Band 46 *G. Stober*, 2009: Astrophysical Studies on Meteors using a SKiYMET All-Sky Meteor Radar
- Band 47 *A. Raabe* (Hrsg.), 2010: Meteorologische Arbeiten (XV) und Jahresbericht 2009 des Institutes für Meteorologie der Universität Leipzig
- Band 48 *A. Raabe* (Hrsg.), 2011: Meteorologische Arbeiten (XVI) und Jahresbericht 2010 des Institutes für Meteorologie der Universität Leipzig
- Band 49 *A. Raabe* (Hrsg.), 2012: METTOOLS_VIII Tagungsband
- Band 50 *A. Raabe* (Hrsg.), 2012: Meteorologische Arbeiten (XVII) und Jahresbericht 2011 des Institutes für Meteorologie der Universität Leipzig
- Band 51 *A. Raabe* (Hrsg.), 2013: Meteorologische Arbeiten (XVIII) und Jahresbericht 2012 des Institutes für Meteorologie der Universität Leipzig
- Band 52 *A. Raabe* (Hrsg.), 2014: Meteorologische Arbeiten (XIX) und Jahresbericht 2013 des Institutes für Meteorologie der Universität Leipzig
- Band 53 *A. Raabe* (Hrsg.), 2015: Meteorologische Arbeiten (XX) und Jahresbericht 2014 des Institutes für Meteorologie der Universität Leipzig
- Band 54 *A. Raabe* (Hrsg.), 2016: Meteorologische Arbeiten (XXI) und Jahresbericht 2015 des Institutes für Meteorologie der Universität Leipzig
- Band 55 *A. Raabe, M. Wendisch* (Hrsg.), 2017: Meteorologische Arbeiten (XXII) und Jahresbericht 2016 des Institutes für Meteorologie der Universität Leipzig
- Band 56 *A. Raabe, M. Wendisch* (Hrsg.), 2018: Meteorologische Arbeiten (XXIII) und Jahresbericht 2017 des Institutes für Meteorologie der Universität Leipzig
- Band 57 *A. Raabe, M. Wendisch* (Hrsg.), 2019: Meteorologische Arbeiten (XXIV) und Jahresbericht 2018 des Institutes für Meteorologie der Universität Leipzig
- Band 58 *M. Wendisch* (Hrsg.), 2020: Meteorologische Arbeiten (XXV) und Jahresbericht 2019 des Institutes für Meteorologie der Universität Leipzig
- Band 59 *M. Wendisch* (Hrsg.), 2021: Meteorologische Arbeiten (XXVI) und Jahresbericht 2020 des Institutes für Meteorologie der Universität Leipzig
- Band 60 *M. Wendisch* (Hrsg.), 2022: Meteorologische Arbeiten (XXVII) und Jahresbericht 2021 des Institutes für Meteorologie der Universität Leipzig
- Band 61 *M. Wendisch* (Hrsg.), 2023: Meteorologische Arbeiten (XXVIII) und Jahresbericht 2022 des Institutes für Meteorologie der Universität Leipzig
- Band 62 *M. Wendisch* (Hrsg.), 2024: Meteorologische Arbeiten (XXIX) und Jahresbericht 2023 des Institutes für Meteorologie der Universität Leipzig

**Wissenschaftliche Mitteilungen aus dem Institut für Meteorologie der
Universität Leipzig**

Band 62 (2024):

**Meteorologische Arbeiten XXIX
Jahresbericht 2023**

ISBN 978-3-9823985-2-5

**Die einzelnen Beiträge dieses Heftes wurden in einem internen Verfahren
begutachtet**

Abbildung auf Umschlag

**Institutsgebäude – Leipziger Institut f. Meteorologie (LIM)
© Foto: Cornelia Ködderitzsch, Staatsbetrieb Sächsisches Immobilien- und
Baumanagement**

**Herausgegeben im Selbstverlag:
Institut für Meteorologie, Universität Leipzig**

**Herausgeber:
M. Wendisch**

Bestellungen richten Sie bitte an:

**Institut für Meteorologie, Universität Leipzig
Stephanstr. 3
D-04103 Leipzig**

**Tel: 0341 - 9732850
Fax: 0341 - 9732899
E-Mail: birgit.seydel@uni-leipzig.de
Preis pro Band: 20,- €**