

# Abschlussbericht

**EVAA: Experimentelle Validierung und Assimilation von Aeolus Beobachtungen** - Validierung der Wind- und Aerosolprodukte der europäischen Satellitenmission Aeolus und Assimilationsexperimente mit numerischen Modellen zur Wettervorhersage

**Teilprojekt 5: Validierung der Aerosol- und Windprodukte durch bodengebundene Instrumente des TROPOS**

Förderkennzeichen

50EE1721C

Zuwendungsempfänger

Leibniz-Institut für Troposphärenforschung e.V. (TROPOS)

Projektverantwortliche

Dr. Ulla Wandinger & Dr. Holger Baars

Projektlaufzeit

1. April 2018 – 31. Dezember 2022

Autoren

Dr. Holger Baars, Dr. Ronny Engelmann, Dr. Patric Seifert, Dr. Ulla Wandinger

Leipzig, 26.06.2023

# 1. Kurzdarstellung

## a. Aufgabenstellung

Arbeitspaket 5 im Verbundprojekt EVAA befasste sich mit der Validierung der Aerosol- und Windprodukte der europäischen Weltraummission Aeolus durch bodengebundene Instrumente des TROPOS.

TROPOS führte für die Validierung von Aeolus umfangreiche Messungen durch. Neben bodengebundenen Langzeitmessungen in Leipzig und in der Südhemisphäre (Punta Arenas, Chile), beteiligte sich TROPOS intensiv an der Joint Aeolus Tropical Atlantic Campaign (JATAC) auf und um Cabo Verde. Zusätzlich wurden diverse Forschungsschifffahrten (z.B. mit dem Forschungsschiff (FS) Polarstern) genutzt, um Validierungsmessungen durchzuführen. Die Beobachtungen wurden eingehend analysiert und zur Validierung der Aeolus-Wind- und Aerosolprodukte genutzt – sowohl auf Basis von Fallstudien als auch mit statistischen Ansätzen. Die Ergebnisse und Datensätze wurden mit ESA und DISC zeitnah geteilt, um Erkenntnisse in Optimierungsprozesse einfließen zu lassen, und teilweise publiziert. Zusätzlich wurde die Planung einer Folgemission aktiv unterstützt.

## b. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Im August 2018 hat die europäische Raumfahrtagentur ESA die Earth Explorer Mission Aeolus gestartet. Aeolus liefert komplett neuartige Windbeobachtungen unter anderem für Wettermodelle und schließt damit eine wesentliche Lücke im globalen meteorologischen Messnetz, nämlich dem Fehlen von troposphärischen und stratosphärischen Windmessungen in weiten Teilen der Erde. Zusätzlich können aus den Messungen Aerosol- und Wolkenprodukte abgeleitet werden. Für diese Mission mussten nicht nur eine Reihe von technologischen Herausforderungen, beispielsweise bei Hochleistungslasern im ultravioletten Spektralbereich, gelöst werden, sondern auch bei der Entwicklung von Algorithmen zur Ableitung der Wind- und Aerosolprodukte wurde mit Aeolus Neuland betreten.

Um diesen neuen Datensatz bestmöglich zu nutzen, erforderte es eine gründliche und kontinuierliche Validierung der Datenprodukte von Aeolus inklusive der Charakterisierung ihrer Fehler. Zusätzlich wurden Assimilationsexperimente mit Wettermodellen durchgeführt, um die Einbindung dieser Daten zu optimieren, ihren Informationsgehalt zu quantifizieren und den positiven Einfluss entsprechend zu maximieren. Das Ziel dieses Vorhabens war es, neben der Validierung und Verbesserung von Aeolus-Wind- und Aerosolprodukten, die Weiterentwicklung geeigneter Assimilationsalgorithmen und die Planung möglicher Folgemissionen (Aeolus Follow-on) zu unterstützen.

### **c. Planung und Ablauf des Vorhabens**

Für Teilprojekt 5 waren ursprünglich sechs Arbeitspakete geplant, nach der Aufstockung umfasste das Teilprojekt acht Arbeitspakete:

AP5.1: Vorbereitung, AP5.2: Intensiv-Messungen/Kampagnen, AP5.3: Auswertung der Intensiv-Messungen, AP5.4: Langzeit-Messungen, AP5.5: Auswertung der Langzeit-Messungen, AP5.6: Synthese, AP5.7: Tropische Kampagne, AP5.8: Unterstützung der Verbesserung der Aerosol-Spin-off-Produkte.

Die Arbeiten wurden in Zusammenarbeit und Abstimmung mit den anderen Teilprojekten des Aeolus DISC (Data, Innovation, and Science Cluster) und der europäischen Weltraumagentur ESA durchgeführt.

### **d. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den geknüpft wurde**

Die Arbeiten bauten im Wesentlichen auf den Erfahrungen der langjährigen Entwicklung von Aeolus und den von ESA bereitgestellten Informationen zusammen mit der weitreichenden Expertise des TROPOS im Gebiet der atmosphärischen aktiven Fernerkundung auf.

Die Arbeitsgruppe bodengebundene Fernerkundung hat langjährige Erfahrung in der Entwicklung und Anwendung von Raman- und Dopplerlidarsystemen zur Aerosol- und Wolken-Charakterisierung. Sie betreibt Referenzstationen für EARLINET, AERONET und Cloudnet und hat das global agierende Mehrwellenlidarnetzwerk PollyNET aufgebaut. Die Arbeitsgruppe war an zahlreichen nationalen und internationalen Messkampagnen mit boden- und flugzeuggebundenen Fernerkundungsmessungen beteiligt (zum Beispiel ACE-2, LACE-98, INDOEX, SAMUM und SALTRACE) sowie an Kampagnen zur Validierung des Aeolus-Demonstrationsinstruments. Frau Wandinger ist Mitglied im EARLINET Council sowie in der EarthCARE Mission Advisory Group. Zusätzlich besitzt TROPOS langjährige Erfahrung in der Entwicklung und Betrieb von scannenden Dopplerlidaren, mit denen Windprofilmessungen durchgeführt werden können. Die Arbeitsgruppe ist regelmäßig bei Forschungsschifffahrten im Einsatz und betreibt dabei diverse aktive Fernerkundungsgeräte. Seit 2011 werden Messungen mit der mobilen Supersite LACROS durchgeführt. Zu dieser Supersite gehören z.B. das kompakte Mehrwellenlängenlidar PollyXT und ein scannendes Doppler-Wolkenradar. Diese mobile Supersite war von Ende 2018 bis Ende 2021 in Punta Arenas, Chile, im Einsatz, und konnte für die Aeolus-Validierung wertvolle Messungen in der Südhemisphäre liefern.

### **e. Zusammenarbeit mit anderen Stellen**

Die Arbeiten wurden in enger Zusammenarbeit mit der ESA, dem DISC, und den anderen Kooperationspartnern von EVAA durchgeführt. Zusätzlich bestand ein reger Austausch mit anderen ESA-Aeolus-Validierungsteams und mit Mitgliedern der europäischen Forschungsinfrastruktur ACTRIS.

## 2. Eingehende Darstellung

### a. der Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen, mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele

TROPOS nutze für Aeolus Cal/Val-Aktivitäten mehrere Messstationen und -plattformen, wie zum Beispiel auf Forschungsschiffen. Im Projektzeitraum wurden für Aeolus relevante Messungen an denen in Tabelle 1 gelisteten und in Abbildung 1 dargestellten Orten durchgeführt.

Ort	Zeitraum	Validierungsprodukte
Leipzig, Deutschland	seit Aeolus-Start	Wind + Aerosol
Punta Arenas, Chile	27.11.2018 – 30.11.2021	Wind + Aerosol
Mindelo, Cabo Verde	seit 28. Juni 2021	Wind + Aerosol
FS Sonne, SO284	28.6.2021-16.8.2021	Wind + Aerosol
FS Polarstern, diverse Fahrten	November 2018 – Januar 2022	Wind + Aerosol
Limassol, Zypern	seit 27.10.2020	Aerosol
Tel Aviv, Israel	seit 10.09.2019	Aerosol
Dushanbe, Tadschikistan	seit 17.6.2019	Aerosol

Tabelle 1: Standorte und Messzeiträume, die für die Evaluierung der Aeolus-Produkte L2A (Aerosol) und L2B (Wind) genutzt wurden.

Somit konnten wesentlich mehr Stationen und dementsprechend Datensätze verwendet werden als ursprünglich geplant (nur LACROS und Leipzig und nach Aufstockung Cabo Verde waren geplant). Die Standorte in Leipzig, Punta Arenas und Mindelo sowie die Forschungsfahrten auf der FS Polarstern und der FS Sonne wurden sowohl für die Validierung der Aeolus-Windprodukte als auch für die Aerosolproduktvalidierung genutzt, während die PollyNET-Standorte in Israel, Zypern und in Tadschikistan vornehmlich der Aerosolvalidierung dienten. Leider konnten durch das Auftreten der Corona-Pandemie die Standorte in Israel und Tadschikistan eine Zeit lang nicht gewartet werden. Daher ist dort eine Messlücke von Frühjahr 2020 bis Herbst 2021 vorhanden.

Die Routen der Schiffsfahrten sind in Abbildung 1 dargestellt und zeigen das breite Spektrum der geographischen Regionen, die durch die Fahrten abgedeckt wurden. Teilweise wurde extra die Schiffsroute angepasst, um Aeolus-Produkte zu validieren. Für jeden möglichen Überflug wurden neben den kontinuierlichen Lidarmessungen extra Radiosonden gestartet.

Die Messungen der Polarsternfahrt PS116 wurden im Rahmen einer **Masterarbeit (Herzog, 2019, Universität Leipzig)** ausgewertet und als eine der ersten Validierungsstudien publiziert (**Baars et al., 2020, ACP**). Eine ausführliche Diskussion der Ergebnisse ist in diesen Quellen nachzulesen.

Am Standort Leipzig wurden für das Projekt kontinuierlich Messungen mit dem Aerosollidar PollyXT durchgeführt und diese für Vergleiche sowohl mit Aeolus als auch mit Flugzeugdaten (DLR Falcon und DLR HALO) während der Intensivkampagne genutzt. Die Ergebnisse der Intensivkampagnen wurden intern (EVAA, DISC, ESA) und auf Konferenzen (z.B. International

Lidar Radar Conference ILRC, Living Planet Symposium, EGU) vorgestellt. Eine erste Publikation zu den Aerosol-Produkten von Aeolus am Fallbeispiel von Rauchtransport von Kalifornien bis nach Deutschland im Jahre 2020 basierend auf Lidarmessungen in Leipzig wurde 2021 publiziert (**Baars et al., 2021, GRL**).

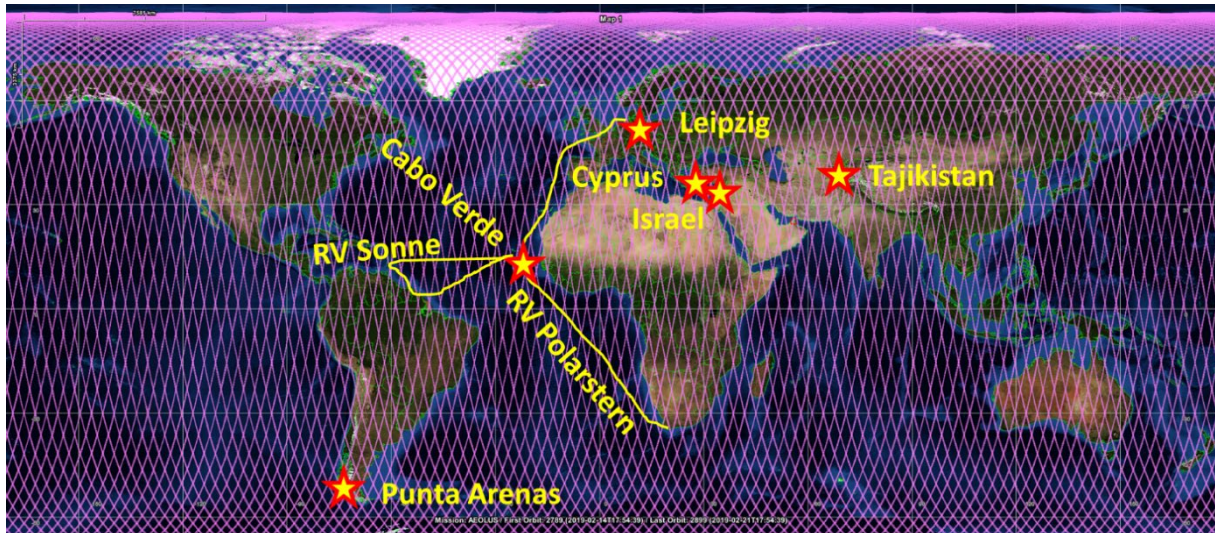


Abbildung 1: Standorte, die für die Evaluierung der Aeolus-Daten im Berichtszeitraum genutzt wurden.

Zusätzlich wurden seit Mai 2019 regelmäßig Radiosonden in Leipzig explizit für den Aeolus-Überflug gestartet. Die Daten der über 140 Radiosonden wurden genutzt, um Aeolus-Winddaten statistisch zu validieren. Die Ergebnisse wurden zusammen mit den Auswertungen aus Punta Arenas (mehr als 3 Jahre Wolkenradarmessungen) in einer Publikation zusammengefasst, die sich derzeit in Begutachtung befindet (**Baars et al., 2022, AMTD**).

Wie bereits erwähnt, wurden Cal/Val-Messungen in Punta Arenas, Chile, über 3 Jahre von November 2018 bis November 2021 durchgeführt. Die Messkampagne (DACAPO-PESO) sollte eigentlich im Frühjahr 2020 enden, aber aufgrund der Corona-Pandemie war eine Abholung der Messgeräte nicht möglich und kurzerhand wurde die Messkampagne, dank der hervorragenden Unterstützung vor Ort, bis 2021 verlängert. Dabei wurden weithin Aerosol-Lidarmessungen und Doppler-Wolkenradar- und Windlidarmessungen durchgeführt und für bestimmte Überflüge sogar extra Radiosonden gestartet. Aufgrund der sauberen Atmosphäre in Punta Arenas waren Dopplerlidarmessungen nur innerhalb der untersten 1 km der Atmosphäre nutzbar. Daher wurde für die Validierung von Aeolus vornehmlich das Dopplerwolkenradar genutzt. Dafür wurden einmal pro Stunde Scans durchgeführt, um die Horizontalwindgeschwindigkeit in Wolken abzuleiten. Die Auswerterroutinen für diese neuartige Messungen wurden innerhalb des Projektes entwickelt. Eine ausführliche Beschreibung der Methodik sowohl der Ergebnisse kann auch in **Baars et al., 2022, AMTD**, gefunden werden.

Zusätzlich wurden PollyXT-Aerosollidarmessungen in Limassol (Zypern), Tel Aviv (Israel) und Duschanbe (Tadschikistan) genutzt, um die Aerosolprodukte zu validieren und mit DISC und ESA an einer Verbesserung des Aeolus-Aerosolproduktes zu arbeiten. Für einen Zeitraum von einem halben Jahr wurde ein extra Messmodus von Aeolus im östlichen Mittelmeerraum

eingestellt. In der sogenannten MARS-BOX wurden Aerosolmessungen vom All mit höherer vertikaler Auflösung durchgeführt und mit den Lidargeräten in Limassol und Tel Aviv validiert. Diese Messungen wurden intern (DISC/ESA) bereitgestellt und Validierungsergebnisse auf einigen Workshops und Konferenzen vorgestellt. Beispielhaft für die Weiterentwicklung des Aerosolproduktes für Aeolus sei die Publikation von **Ehlers et al., 2022, AMT**, in Zusammenarbeit mit dem TROPOS genannt.

Gemeinsam mit Partnern der europäischen Infrastruktur ACTRIS konnte eine statistische Validierung der Aerosolprodukte durchgeführt werden (**Gkikas et al., 2023, AMT**). Auch dazu wurden TROPOS-Daten genutzt.

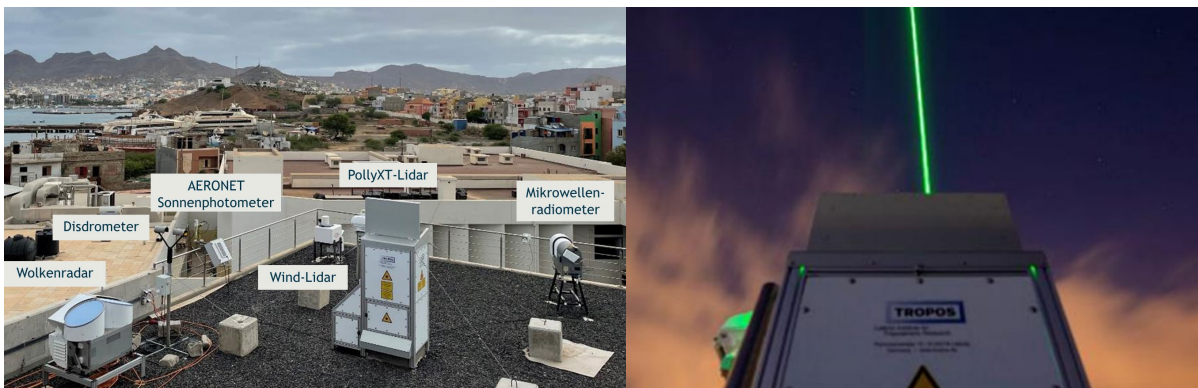


Abbildung 2: Messtankstelle in Mindelo mit dazugehörigen Geräten (links) und nächtliche Ansicht des Laserstrahls von PollyXT (rechts).

Ein wichtiger Bestandteil der Verlängerung von EVAA war die Vorbereitung, Durchführung und Auswertung der durch die Coronapandemie um ein Jahr verschobenen Joint Aeolus Tropical Atlantic Campaign, kurz JATAC, auf die im Folgenden explizit eingegangen wird. Für diese Kampagne hat TROPOS im Juni 2021 das Mehrwellenlängen-Raman-Polarisations-Lidar PollyXT, ein AERONET-Sonnenphotometer, ein Mikrowellenradiometer und ein scannendes Doppler-Wind-Lidar am Ocean Science Center in Mindelo (OSCM) auf der Insel Sao Vicente in Cabo Verde installiert. Der bodengebundene Teil dieser großen Kampagne wurde ASKOS genannt. Ein Eindruck der Messszenerie zusammen mit den Geräten anderer Partner ist in Abbildung 2 zu sehen.

Die Kampagne wurde von ursprünglich einem auf zwei Jahre mit vier Intensivphasen ausgeweitet (Juli 2021, September 2021, Juni 2022, September 2022). Die Messungen mit den Fernerkundungsgeräten des TROPOS wurden dabei kontinuierlich durchgeführt, und TROPOS war im Rahmen von EVAA bei allen vier Intensivphasen vor Ort präsent, um höchste Datenqualität zu gewährleisten.

Ein Überblick über die Aerosol- und Windbedingungen während der Intensivphase der Kampagne im September 2021, bei der auch 4 Forschungsflugzeuge (DLR, LATMOS, NASA und Universität von Nova Gorica) im Einsatz waren, ist in den Abbildungen 3 und 4 gezeigt.

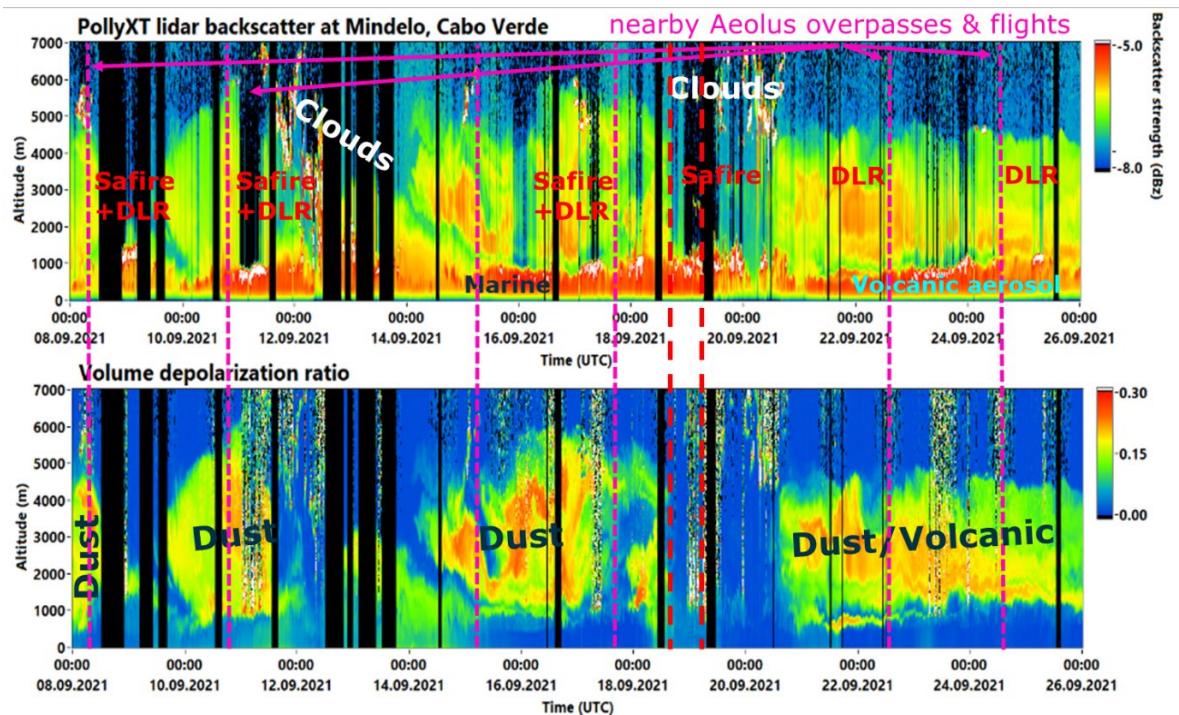


Abbildung 3: Überblick über die atmosphärischen Bedingungen über Mindelo während der 3-wöchigen Intensivkampagne im September 2021. Die Rückstreuintensität und das lineare Volumendepolarisationsverhältnis sind in Abhängigkeit von Zeit und Höhe dargestellt. Die Überflüge von Aeolus und den DLR- und LATMOS (Saphire)-Flugzeugen sind als gestrichelte vertikale Linien hervorgehoben.

Während des intensiven Beobachtungszeitraums im September 2021 wurden über und um Mindelo sehr unterschiedliche Aerosolbedingungen beobachtet, wie in Abb. 3 dargestellt. Normalerweise war die marine Grenzschicht (hohe Rückstreuung, aber geringes Depolarisationsverhältnis) bis zu einer Höhe von etwa 1 km von einer Schicht aus Saharastaub (hohe Rückstreuung und hohes Depolarisationsverhältnis) überlagert, die bis zu 6 km hoch reichte. Die Menge und Höhe des Saharastaub-Aerosols variierte während der dreiwöchigen Kampagne, was eine große Vielfalt an Aerosolbedingungen ergab. Niederschlag wurde am 13. und 14. September (daher keine Lidarmessungen) beobachtet. Gegen Ende der Intensivphase der Kampagne im September wurde die Atmosphäre über Mindelo stark von vulkanischem Aerosol, welches von der Eruption auf La Palma stammte, beeinflusst. Dabei wurden optische Dicken von über 1,0 gemessen, wobei die Beeinträchtigung in der marinen Grenzschicht besonders stark war. Eine Publikation dazu ist gerade in Vorbereitung (**Gebauer, H., Baars, H. et al., 2023, ACP, in Vorbereitung**).

Die mit dem scannendem Doppler-Lidar gemessenen Windverhältnisse im September 2021 spiegeln meist das typische Passatwindregime wider, wie in Abbildung 4 dargestellt. Vornehmlich wurden nordöstliche bis östliche Winde in der unteren Troposphäre gemessen, die in der lokalen Grenzschicht teilweise stark durch die Orographie beeinflusst wurden. Die Windgeschwindigkeit war meist verhältnismäßig normal für Passatwindregionen mit

Geschwindigkeiten bis zu 15-20 m/s. Aber auch Phasen von nahezu windstillen Verhältnissen sowie südlichen Winden (um den 13. bis 14.9.21) wurden beobachtet.

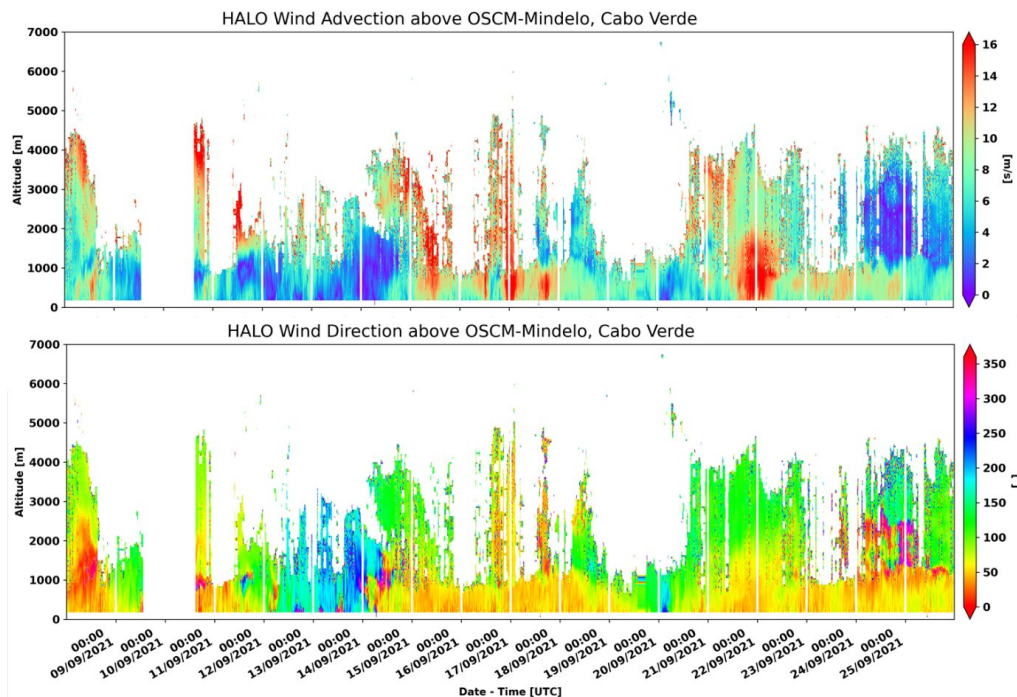


Abbildung 4: Windgeschwindigkeit und Windrichtung im September 2021 über Mindelo, Cabo Verde, gemessen mit dem Doppler-Wind-Lidar.

Alle Daten des TROPOS von den Messungen während der tropischen Kampagne sind über einem ftp-Server den Kampagnenteilnehmern frei zur Verfügung gestellt worden und inzwischen auch über das ESA Validation Data Center (EVDC) öffentlich abrufbar.

Die Auswertung der Daten ist noch nicht abgeschlossen, jedoch wurden vorläufige Ergebnisse auf diversen Konferenzen und Workshops vorgestellt und werden intensiv genutzt, um die Aerosolprodukte von Aeolus zu verbessern.

Diverse Publikationen mit Bezug zu der Kampagne sind derzeit in Vorbereitung z.B.: **Marinou, E. et al., 2023; Gebauer, H. et al., ACP, 2023** und **Gómez Maqueo Anaya, S. et al., GMD, 2023.**

Dr. Holger Baars ist seit 2018 außerdem in der Aeolus Science and Data Quality Advisory Group (Aeolus SAG) tätig und hat sich dort während der gesamten Projektlaufzeit aktiv eingebracht und ESA bei der Aeolus-Mission und deren Folgemission beraten.

## **b. Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises**

## **c. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit**

Die geleisteten Arbeiten waren nötig und angemessen, um die beschriebenen Projektziele zu erreichen.

## **d. Voraussichtlicher Nutzen**

Die Ergebnisse des Projekts sind von vielerlei Nutzen. Während der Projektlaufzeit wurde stetig die Validierung der Aerosol- und Windprodukte durchgeführt. Die Ergebnisse wurden zeitnah an DISC und ESA mitgeteilt (z.B. auf der ESA-Kommunikationsplattform *Confluence*, mittels halbjährlicher Cal/Val Reports oder direkter Kommunikation). Dadurch wurde ein erheblicher Beitrag zur Konsolidierung und Verbesserung der Aeolus-Produkte getätigt, welches die Grundvoraussetzung zur direkten Nutzung der Daten von den Wetterdiensten war.

Die gewonnenen Erkenntnisse wurden und werden publiziert und fließen auch in die Planung der Folgemissionen von Aeolus (Aeolus-2, Aeolus-follow-on, EPS-Aeolus) ein. Dr. Holger Baars ist durch seine Aktivität im Aeolus Science Advisory Board in die Folgemission beratend eingebunden. So sind zum Beispiel die zusätzliche Planung eines Depolarisationskanal und andere Designänderungen der Folgemission ein direktes Resultat der Ergebnisse der Validierung der Aerosolprodukte von Aeolus – und somit auch dieses Projekts.

Alle während des Projektzeitraums erhobenen Datensätze sind oder werden verfügbar gemacht, entweder über das EVDC oder direkt über ACTRIS. Diese Datensätze, und insbesondere die Daten von der tropischen Kampagne JATAC, werden weiterhin genutzt, sowohl für Aeolus und Folgemissionen als auch für andere Satellitenmissionen wie EarthCARE oder AOS (NASA). Wissenschaftliche Studien basierend auf diesen Daten sind weiterhin geplant.

Die getätigten Entwicklungen, wie Algorithmenentwicklung zur Windableitung von Wolkenradaren, werden weiterhin genutzt, z.B. im Rahmen der europäischen Forschungsinfrastruktur ACTRIS. Weiterhin wird es in Phase F von Aeolus weitere Algorithmenentwicklungen für die Mission geben, ein Teil davon (Aerosolproduktentwicklung) wird im Rahmen des DISC zukünftig auch am TROPOS durchgeführt. Zusätzlich haben die Arbeiten im Projekt wertvolle Erkenntnisse auch für andere zukünftige Missionen geliefert, wie die europäische EarthCARE Mission - die „lessons learnt“ von Aeolus fließen direkt oder indirekt in die weitere Planung ein. TROPOS wird dabei federführend aktiv bleiben.

## **e. Während der Durchführung bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens**

Eine Earth Explorer Mission ist ein spannendes und mit stetig neuen, unerwarteten Herausforderungen und Erkenntnissen behaftetes Projekt. Die Ergebnisse untermauern daher sowohl atmosphärenwissenschaftlichen Fortschritt (z.B. Rauchtransport von Nordamerika nach Europa) als auch technische Erkenntnisse und die Demonstration von Aerosol- und Windmessungen aus dem Weltall mit neuartiger Technik. Die Herausforderungen und Erkenntnisse haben während der Durchführung der Arbeiten zu keinen wichtigen Änderungen unserer Arbeitspakete und Projektziele geführt, wenn man die Verlängerung des Projektes schon mit einbezieht.

## f. Erfolgte und geplante Veröffentlichungen

### (i) Publikationen in Fachzeitschriften

- Baars, H., Walchester, J., Basharova, E., Gebauer, H., Radenz, M., Bühl, J., Barja, B., Wandinger, U., and Seifert, P.: Long-term validation of Aeolus L2B wind products at Punta Arenas, Chile and Leipzig, Germany, *Atmos. Meas. Tech. Discuss.* [preprint], <https://doi.org/10.5194/amt-2022-331>, in review, 2022.
- Baars, H., Radenz, M., Floutsi, A. A., Engelmann, R., Althausen, D., Heese, B., Ansmann, A., Flamant, T., Dabas, A., Trapon, D., Reitebuch, O., Bley, S., and Wandinger, U.: Californian wildfire smoke over Europe: A first example of the aerosol observing capabilities of Aeolus compared to ground-based lidar, *Geophys. Res. Lett.*, 48, e2020GL092194, doi:10.1029/2020GL092194, 2021.
- Baars, H., Herzog, A., Heese, B., Ohneiser, K., Hanbuch, K., Hofer, J., Yin, Z., Engelmann, R., and Wandinger, U.: Validation of Aeolus wind products above the Atlantic Ocean, *Atmos. Meas. Tech.*, 13, 6007-6024, doi:10.5194/amt-13-6007-2020, 2020.
- Baars, H., Geiß, A., Wandinger, U., Herzog, A., Engelmann, R., Bühl, J., Radenz, M., Seifert, P., Ansmann, A., Martin, A., Leinweber, R., Lehmann, V., Weissmann, M., Cress, A., Filioglou, M., Komppula, M., and Reitebuch, O.: First results from the German Cal/Val activities for Aeolus, *EPJ Web Conf.*, 237, 01008 (01004 p.), doi:10.1051/epjconf/202023701008, 2020.
- Ehlers, F., Flament, T., Dabas, A., Trapon, D., Lacour, A., Baars, H., and Straume-Lindner, A. G.: Optimization of Aeolus' aerosol optical properties by maximum-likelihood estimation, *Atmos. Meas. Tech.*, 15, 185-203, doi:10.5194/amt-15-185-2022, 2022.
- Gkikas, A., Gialitaki, A., Biniotoglou, I., Marinou, E., Tschla, M., Siomos, N., Paschou, P., Kampouri, A., Voudouri, K. A., Proestakis, E., Mylonaki, M., Papanikolaou, C.-A., Michailidis, K., Baars, H., Straume, A. G., Balis, D., Papayannis, A., Parrinello, T., and Amiridis, V.: First assessment of Aeolus Standard Correct Algorithm particle backscatter coefficient retrievals in the eastern Mediterranean, *Atmos. Meas. Tech.*, 16, 1017–1042, <https://doi.org/10.5194/amt-16-1017-2023>, 2023.
- Floutsi, A. A., Baars, H., Engelmann, R., Althausen, D., Ansmann, A., Bohlmann, S., Heese, B., Hofer, J., Kanitz, T., Haarig, M., Ohneiser, K., Radenz, M., Seifert, P., Skupin, A., Yin, Z., Abdullaev, S. F., Komppula, M., Filioglou, M., Giannakaki, E., Stachlewska, I. S., Janicka, L., Bortoli, D., Marinou, E., Amiridis, V., Gialitaki, A., Mamouri, R.-E., Barja, B., and Wandinger, U.: DeLiAn – a growing collection of depolarization ratio, lidar ratio and Ångström exponent for different aerosol types and mixtures from ground-based lidar observations, *Atmos. Meas. Tech.*, 16, 2353–2379, <https://doi.org/10.5194/amt-16-2353-2023>, 2023
- Ohneiser, K., Ansmann, A., Baars, H., Seifert, P., Barja, B., Jimenez, C., Radenz, M., Teisseire, A., Floutsi, A., Haarig, M., Foth, A., Chudnovsky, A., Engelmann, R., Zamorano, F., Bühl, J., and Wandinger, U.: Smoke of extreme Australian bushfires observed in the stratosphere over Punta Arenas, Chile, in January 2020: Optical thickness, lidar ratios, and depolarization ratios at 355 and 532 nm, *Atmos. Chem. Phys.*, 20, 8003-80015, doi:10.5194/acp-20-8003-2020, 2020.

Radenz, M., Seifert, P., Baars, H., Floutsi, A. A., Yin, Z., and Bühl, J.: Automated time-height-resolved air mass source attribution for profiling remote sensing applications, *Atmos. Chem. Phys.*, 21, 3015-3033, doi:10.5194/acp-21-3015-2021, 2021.

Sun, K., Dai, G., Wu, S., Reitebuch, O., Baars, H., Liu, J., and Zhang, S.: Correlation between marine aerosol optical properties and wind fields over remote oceans with use of spaceborne lidar observations, *EGU sphere* [preprint], <https://doi.org/10.5194/egusphere-2023-433>, 2023

-----  
*Gebauer, H., Baars, H. et al.: "Transport of volcanic aerosol from Las Palmas Volcano towards Cabo Verde -- Contrasting the impact on atmospheric conditions to background conditions by means of lidar-derived optical properties", in Vorbereitung.*

*Marinou, E., et al.: "An Overview of the ASKOS Campaign in Cabo Verde", in Vorbereitung.*

*Gómez Maqueo Anaya, S. et al.: "Implementation of Minerals in Chemical Transport Models (CTM), Example COSMO-MUSCAT", in Vorbereitung.*

#### (ii) Abschlussarbeiten

Herzog, A.: Validation of Aeolus wind and aerosol products with ground-based and shipborne measurements (M.Sc.), Leibniz Institute for Tropospheric Research, University of Leipzig, Faculty of Physics and Earth Sciences, 67 pp.<sup>1</sup>, 2019.

#### (iii) Konferenz- und Workshopbeiträge (Auswahl)

Baars, H., Gebauer, H., Floutsi, A. A., Radenz, M., Seifert, P., Haarig, M., Hofer, J., Ohneiser, K., Barja, B., Jimenez, C., Ansmann, A., Althausen, D., Engelmann, R., Heese, B., & Wandinger, U. 2022. The potential and limitation of Aeolus for aerosol typing – examples of urban haze, Australian wildfire smoke and Saharan dust. ESA Living Planet Symposium 2022, Bonn, Germany, 23-27 May 2022.

Baars, H., Marinou, E., Paschou, P., Močnik, G., Siomos, N., Pirloaga, P., Zenk, C., Pfitzenmaier, L., O'Connor, E., Jones, L., Althausen, D., Engelmann, R., & Fehr, T. 2022. First results from ASKOS as part of JATAC: Validation of Aeolus products and intense aerosol characterization using ground-based remote sensing and airborne in-situ measurements. ESA Living Planet Symposium 2022, Bonn, Germany, 23-27 May 2022.

Baars, H., Gebauer, H., Althausen, D., Haarig, M., Floutsi, A., Engelmann, R., Skupin, A., Bühl, J., Radenz, M., Ansmann, A., Klamt, A., Heese, B., Wandinger, U., Yin, Z., Silva, E., Rodrigues, E., Silva, P., & Zenk, C. 2022. The performance of Aeolus L2A products in the vicinity of mineral dust – utilizing several months of continuous lidar observations at Mindelo, Cabo Verde. Aeolus 3rd Anniversary Conference, Taormina, Italy, 28 March - 1 April 2022.

Baars, H., Marinou, E., Rusli, S., Koopman, R., von Bismarck, J., Haarig, M., & Donovan, D. 2022. How Aeolus Cal/Val helps to define validation protocols for space-borne aerosol profiling

---

<sup>1</sup> [https://www.tropos.de/fileadmin/user\\_upload/Institut/Abteilungen/Fernerkundung/Daten\\_PDF/Herzog\\_Alina\\_Aeolus\\_Masterarbeit.pdf](https://www.tropos.de/fileadmin/user_upload/Institut/Abteilungen/Fernerkundung/Daten_PDF/Herzog_Alina_Aeolus_Masterarbeit.pdf)

in the context of the EarthCARE mission. Aeolus 3rd Anniversary Conference, Taormina, Italy, 28 March - 1 April 2022.

- Baars, H., Walshester, J., Basharova, E., Gebauer, H., Herzog, A., Engelmann, R., Bühl, J., Radenz, M., Seifert, P., Ansmann, A., Althausen, D., Heese, B., Hofer, J., Skupin, A., Gülbas, T., Barja, B., & Wandinger, U. 2022. Validation of Aeolus L2B wind products in the Northern and Southern mid-latitudes using ground-based Doppler remote sensing instruments and radiosondes. Aeolus 3rd Anniversary Conference, Taormina, Italy, 28 March - 1 April 2022.
- Baars, H., Geiß, A., Martin, A., Walchester, J., Basharova, E., Gebauer, H., Bühl, J., Radenz, M., Seifert, P., Engelmann, R., Floutsi, A., Bley, S., Barja, B., Lehmann, V., Leinweber, R., Cress, A., Weissmann, M., Reitebuch, O., & Wandinger, U. 2022. EVAA – das deutsche Konsortium zur Validierung der Wind- und Aerosolprodukte des ESA Satelliten Aeolus: Fallbeispiele und Langzeitstudien. MeteorologieTagung DACH 2022, Leipzig, Deutschland, 21.-25. März 2022.
- Baars, H., Ehlers, F., Engelmann, R., Ansmann, A., Althausen, D., Heese, B., Hofer, J., Hanbuch, K., Yin, Z., Gülbas, T., Mamouri, R.-E., Chudnovsky, A., Reitebuch, O., & Wandinger, U. 2020. Validation of Aeolus L2A data with ground-based lidar in Israel for the aerosol-optimized range-bin setting in the Eastern Mediterranean (MARS) and in Leipzig, Germany, for the operational range bin setting. Aeolus Cal/Val and Science Workshop 2020, Online, 2-6 November 2020.
- Baars, H., Herzog, A., Engelmann, R., Bühl, J., Radenz, M., Seifert, P., Ansmann, A., Althausen, D., Heese, B., Hofer, J., Ohneiser, K., Hanbuch, K., Basharova, E., Gülbas, T., Chudnovsky, A., Barja, B., Filioglou, M., Komppula, M., & Wandinger, U. 2020. Validation of Aeolus aerosol and wind products with sophisticated ground-based instruments in the Northern and Southern hemisphere. EGU General Assembly 2020 (Online), Online, 4-8 May 2020.
- Baars, H., Wandinger, U., Cress, A., Geiß, A., Lehmann, V., Leinweber, R., Lemmerz, C., Martin, A., Weissmann, M., & Reitebuch, O. 2020. Results from German Cal/Val activities for the Aeolus mission. European Lidar Conference (ELC 2020), Online, 18-20 November 2020.
- Baars, H. 2020. EVAA - Experimentelle Validierung und Assimilation von Aeolus-Beobachtungen: "Wind and Aerosol validation of Aeolus". Online: Aeolus EVAA Meeting.
- Baars, H. 2020. EVAA: Experimental Validation and Assimilation of Aeolus observations. Frascati, Italy: Aeolus Science Advisory Board Meeting #1.
- Baars, H. 2020. Lessons learnt from AEOLUS L2A Cal/Val. Online: DISC (Data, Innovation, and Science Cluster) aerosol working meeting.
- Baars, H. 2020. One recent example for Aeolus L2A products: Californian Smoke at Leipzig on 11 09 2020 as part of the Cal/Val activities within EVAA. Online: Aeolus Science Advisory Board Meeting.
- Baars, H., Geiß, A., Wandinger, U., Herzog, A., Engelmann, R., Bühl, J., Radenz, M., Seifert, P., Ansmann, A., Martin, A., Leinweber, R., Lehmann, V., Weissmann, M., Cress, A., Filioglou, M., Komppula, M., & Reitebuch, O. 2019. First results from the German CAL/VAL activities for Aeolus. 29th International Laser Radar Conference (ILRC29), Hefei, Anhui, China, 24-28 June 2019.

- Baars, H., Bühl, J., Engelmann, R., Seifert, P., & Wandinger, U. 2019. First Aeolus Cal/Val results from aerosol and wind lidar measurements in Leipzig, Germany and Punta Arenas, Chile. ESA Living Planet Symposium (LPS19), Milan, Italy, 13-17 May 2019.
- Baars, H., Engelmann, R., Althausen, D., Heese, B., Schechner, Y., Komppula, M., Filioglou, M., Bohlmann, S., & Wandinger, U. 2019. Evaluating the prototype Aeolus 2A product with PollyNET measurements at Haifa, Israel and Al Dhaid, United Arab Emirates. Aeolus CAL/VAL and Science Workshop, Frascati (Rome), Italy, 26-29 March 2019.
- Basharova, E., Baars, H., Herzog, A., Engelmann, R., Bühl, J., Radenz, M., Seifert, P., Ansmann, A., Althausen, D., Heese, B., Hofer, J., Ohneiser, K., Jimenez, C., Skupin, A., Walshester, J., Gülbas, T., & Wandinger, U. 2020. Statistical validation of Aeolus wind products at Leipzig, Germany using radiosondes and ground-based Doppler wind lidar. Aeolus Cal/Val and Science Workshop 2020, Online, 2-6 November 2020.
- Donovan, D. P., van Zadelhoff, G.-J., Baars, H., Flamet, T., & Trajon, D. 2020. ATLID(-like) cloud and aerosol algorithms applied to Aeolus observations. European Lidar Conference (ELC 2020), Online, 18-20 November 2020.
- Fehr, T., Althausen, D., Amiridis, V., Baars, H., von Bismarck, J., Borne, M., Casal, T. G. D., Cazenave, Q., Chen, S., Engelmann, R., Flamant, C., Gaetani, M., Geiß, A., Gómez Maqueo Anaya, S., Knippertz, P., Kollias, P., Koopman, R., Krisna, T. C., Lemmerz, C., Oliver, L., Marinou, E., Marksteiner, U., Močnik, G., Nemuc, A., Parrinello, T., Paschou, P., Piña, A., Pirloaga, P., Rahm, S., Reitebuch, O., Schäfler, A., Siomos, N., Skupin, A., Skofronick-Jackson, G., Straume-Lindner, A. G., Tran, V. D., Vaziri, P., Wandinger, U., Wehr, T., Weiler, F., Wernham, D., Witschas, B., & Zenk, C. 2022. The Joint Aeolus Tropical Atlantic Campaign overview – Aeolus calibration/validation and science in the Tropics. ESA Living Planet Symposium 2022, Bonn, Germany, 23-27 May 2022.
- Floutsi, A., Baars, H., Haarig, M., Engelmann, R., & Wandinger, U. 2022. Aerosol typing in view of Aeolus, ground-based lidars, and EarthCARE – potentials and limitations. Aeolus 3rd Anniversary Conference, Taormina, Italy, 28 March - 1 April 2022.
- Flament, T., Dabas, A., Trajon, D., Lacour, A., Ehlers, F., Baars, H., & Huber, D. 2021. Aeolus aerosol and cloud product. EGU General Assembly 2021 (Online), Online, 19-30 April 2021.
- Herzog, A., Baars, H., Heese, B., Engelmann, R., Ohneiser, K., Hanbuch, K., & Wandinger, U. 2019. Aeolus Cal/Val onboard Polarstern during the North-South Transatlantic Cruise PS116 in November/December 2018. Aeolus CAL/VAL and Science Workshop, Frascati (Rome), Italy, 26-29 March 2019.
- Herzog, A., Baars, H., Heese, B., Engelmann, R., Ohneiser, K., Hanbuch, K., & Wandinger, U. 2019. Aeolus Cal/Val onboard RV Polarstern during the North-South Atlantic crossing in November/December 2018. ESA Living Planet Symposium (LPS19), Milan, Italy, 13-17 May 2019.
- Herzog, A., Baars, H., Heese, B., Engelmann, R., Ohneiser, K., Hanbuch, K., & Wandinger, U. 2019. Aeolus Validierung von Bord der Polarstern, während des Nord-Süd-Atlantik-Transfers im November/Dezember 2018. Meteorologentagung DACH 2019, Garmisch-Partenkirchen, Deutschland, 18.-22. März 2019.
- Marinou, E., Amiridis, V., Mavropoulou, I., Baars, H., Kazadzis, S., Rosoldi, M., Ene, D., Barreto, A., Casadio, S., Zenk, C., Sciare, J., Mocnik, G., Kandler, K., Stuut, J.-B., Rodriguez, S.,

- Knippertz, P., Rutz, T., Komppula, M., Daskalopoulou, V., Hloupis, G., ASKOS-Team, Skupin, A., Althausen, D., & Engelmann, R. 2021. The ASKOS experiment for the validation of Aeolus L2A aerosol product. EGU General Assembly 2021 (Online), Online, 19-30 April 2021..
- Siomos, N., Gkikas, A., Baars, H., Wandinger, U., Amiridis, V., Paschou, P., & EARLINET-Consortium. 2021. Investigating the performance of AEOLUS L2A products over Europe with EARLINET ground-based lidars. EGU General Assembly 2021 (Online), Online, 19-30 April 2021.
- van Zadelhoff, G.-J., Flament, T., Trajon, D., & Baars, H. 2020. The application of ATLID techniques for aerosol/cloud retrievals to ALADIN. EGU General Assembly 2020 (Online), Online, 4-8 May 2020.
- Walshester, J., Baars, H., Wandinger, U., Basharova, E., Engelmann, R., Bühl, J., Radenz, M., Seifert, P., Jimenez, C., Dmitriyenko, I., Gülbas, T., & Barja, B. 2020. Validation of Aeolus wind products with scanning Doppler cloud radar and wind lidar in the Southern Hemisphere. Aeolus Cal/Val and Science Workshop 2020, Online, 2-6 November 2020.
- Wandinger, U., Baars, H., Althausen, D., Engelmann, R., Haarig, M., Heese, B., Herzog, A., Hofer, J., Jimenez, C., Radenz, M., & Ansmann, A. 2019. Validation of Aeolus aerosol and cloud products with ground-based lidar observations at different locations in the northern and southern hemispheres. 8th International EarthCARE Workshop, Fukuoka, Japan, 25-27 November 2019.
- Wandinger, U., Baars, H., Bühl, J., Engelmann, R., Herzog, A., Seifert, P., Radenz, M., & Barja, B. 2019. First Aeolus Cal/Val results from ground-based aerosol and wind lidar measurements at Leipzig, Germany and Punta Arenas, Chile. Aeolus CAL/VAL and Science Workshop, Frascati (Rome), Italy, 26-29 March 2019.
- Wandinger, U., Baars, H., Geiß, A., Weissmann, M., Lehmann, V., Lemmerz, C., Ansmann, A., Engelmann, R., Haarig, M., Jimenez, C., Hofer, J., Leinweber, R., & Reitebuch, O. 2019. First results from EVAA: a German contribution to the validation of Aeolus with airborne observations and ground-based ACTRIS measurements. Darmstadt, Germany: ACTRIS-2 Final General Meeting, 2019.
- Wandinger, U., Baars, H., Ohneiser, K., Floutsi, A., Foth, A., Haarig, M., Jimenez, C., Engelmann, R., Althausen, D., Heese, B., Hofer, J., Radenz, M., Seifert, P., Bühl, J., & Ansmann, A. 2020. Towards a synergetic exploitation of space-based aerosol datasets from CALIPSO, Aeolus, and EarthCARE. Aeolus Cal/Val and Science Workshop 2020, Online, 2-6 November 2020.