



## Weiterbildungsveranstaltung ‚Arktische Klimaänderung‘ Mo. 12.12.2016 15-18 Uhr, Talstr. 35, Hörsaal 1

In der Arktis sind derzeit Klimaänderungen zu beobachten, die mit einer bisher nicht für möglich gehaltenen Geschwindigkeit fortschreiten. Zur Untersuchung dieser arktischen Klimaänderungen hat sich der DFG-Forschungsverbund (AC)<sup>3</sup> (des DFG SFB TR 172 „ArctiC Amplication: Climate Relevant Atmospheric and SurfaCe Processes, and Feedback Mechanisms“) gebildet. Vertreter dieses Sonderforschungsbereiches stellten auf der Weiterbildungsveranstaltung ‚Arktische Klimaänderung‘ die Inhalte und aktuelle Ergebnisse vor.

### Referenten:

Prof. Dr. Manfred Wendisch, Leipziger Institut für Meteorologie (LIM), Universität Leipzig  
**(AC)<sup>3</sup> - Ein Forschungsverbund zur Untersuchung von Klimaänderungen in der Arktis**

Dr. André Ehrlich, Leipziger Institut für Meteorologie (LIM), Universität Leipzig  
**Besonderheiten Arktischer Grenzschichtwolken**

Prof. Dr. Andreas Macke, TROPOS Leibniz-Institut für Troposphärenforschung  
**Schiffsmessungen der Aerosol- und Wolkenverteilung und der zugehörigen Energieflüsse an der Meeresoberfläche**

Prof. Dr. Johannes Quaas, Leipziger Institut für Meteorologie (LIM) Universität Leipzig  
**Modellierung des Arktischen Klimas**

Auf den folgenden Seiten finden Sie eine kurze Zusammenfassung der Vorträge. Allerdings kann nur eine verkürzte Auswahl gezeigt werden, die einen ersten Überblick zum Anliegen des DFG SFB TR 172 „ArctiC Amplication: Climate Relevant Atmospheric and SurfaCe Processes, and Feedback Mechanisms“, (AC)<sup>3</sup> geben soll.

Interessenten finden weitere Informationen unter <http://www.ac3-tr.de/>

Für die Auswahl der Abbildungen und die Kommentare hier in der Folge  
Armin Raabe  
Vorsitz DMG MD

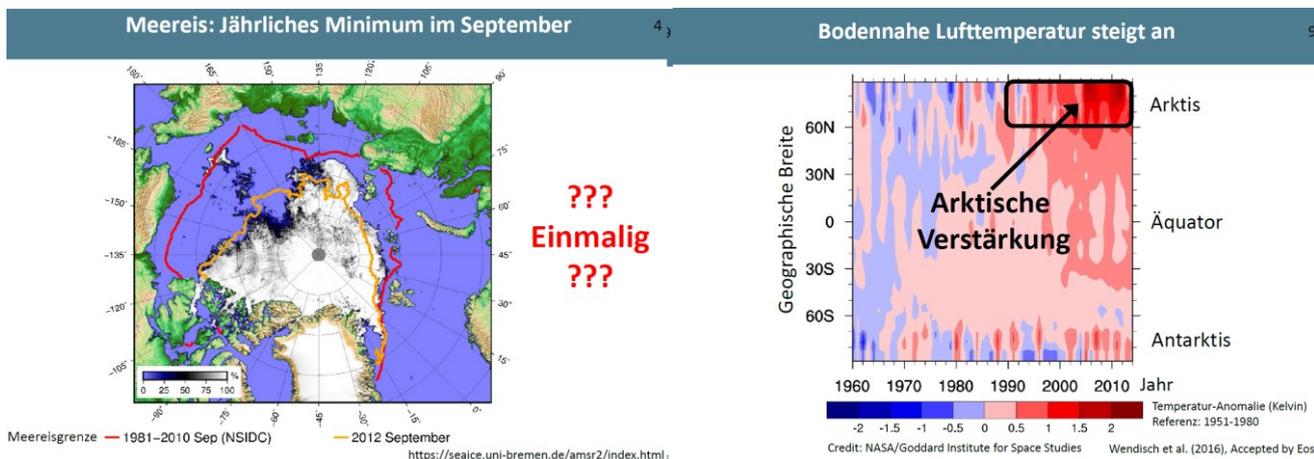


# Arctic Amplification: Climate Relevant Atmospheric and Surface Processes, and Feedback Mechanisms (AC)<sup>3</sup>

TRANSREGIO TR 172 | LEIPZIG | BREMEN | KÖLN | UNIVERSITÄT LEIPZIG | Universität Bremen | University of Cologne | TROPIS | AWI

## M. Wendisch: (AC)<sup>3</sup> - Ein Forschungsverbund zur Untersuchung von Klimaänderungen in der Arktis

In der Arktis sind derzeit Klimaänderungen zu beobachten, die mit einer bisher nicht für möglich gehaltenen Geschwindigkeit fortschreiten. Nachgewiesen ist ein Rückgang der Meereisbedeckung um zwei Drittel seit 1970; die mittlere Dicke der Eisschicht auf dem Arktischen Ozean ist in den letzten 30 Jahren von 3.5 auf 2 Meter abgeschmolzen. Die bodennahe Lufttemperatur ist in der Arktis 2-3 mal schneller gestiegen als im globalen Mittel. Diese überdurchschnittliche Erwärmung der Arktis wird durch komplizierte und sich wechselseitig beeinflussende Rückkopplungen verursacht, die man als ‚Arktische Verstärkung‘ bezeichnet. Zur Untersuchung der Arktischen Klimaänderungen hat sich der neue von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (TR 172) geförderte Forschungsverbund (AC)<sup>3</sup> gebildet.

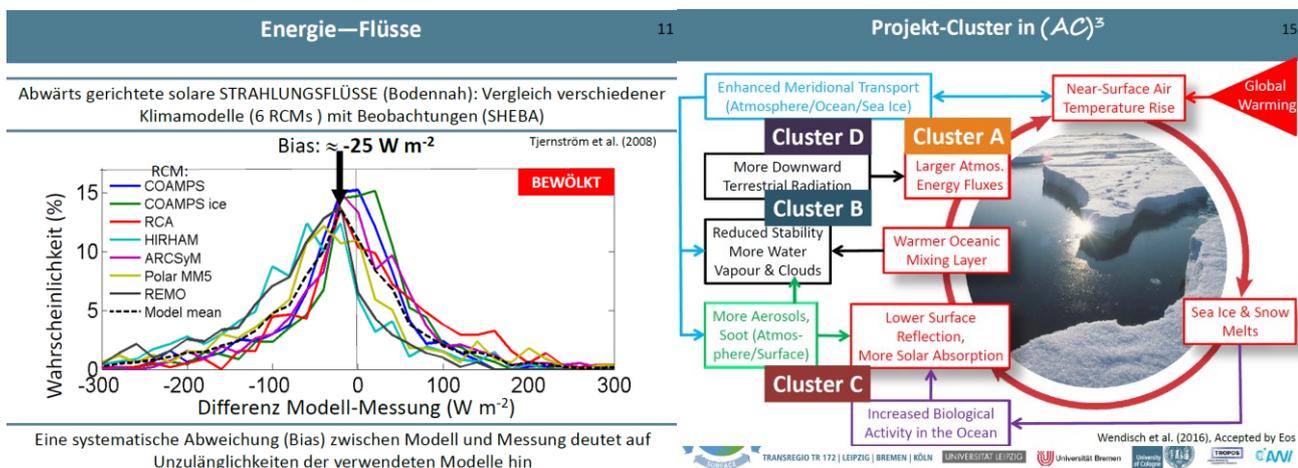


???

Einmalig

???

Der beobachtete Rückgang der Meereisbedeckung im Vergleich zum Klima-Mittel. Eine gleichzeitig beobachtete Zunahme der bodennahen Lufttemperatur in der Arktis fällt wesentlich stärker aus als in anderen geographischen Breiten.



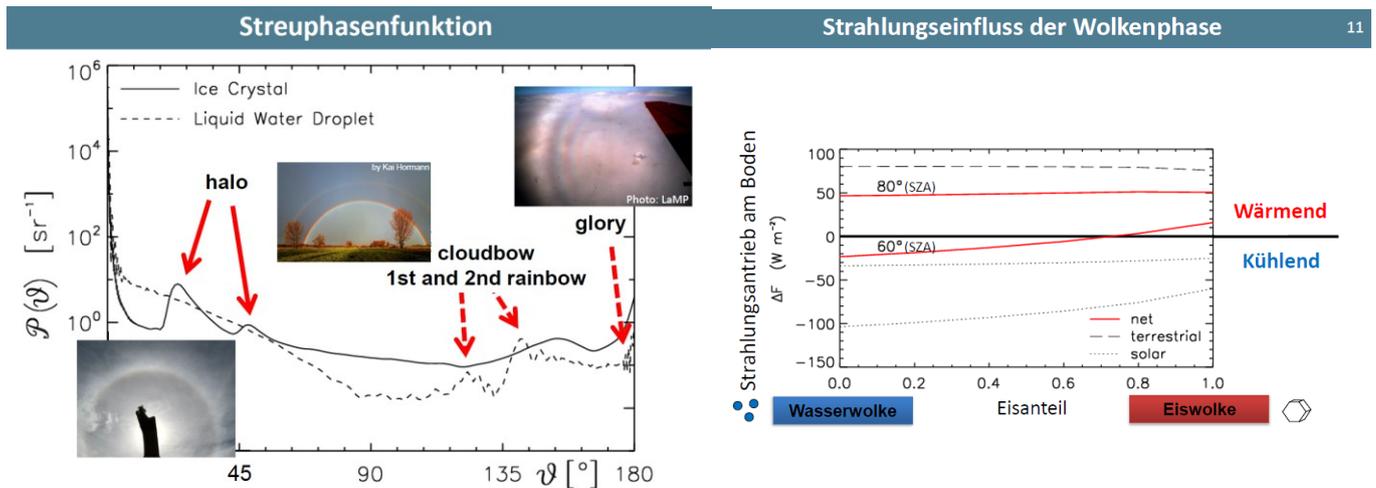
Die Modelle, die eine Klimaentwicklung im Bereich der Arktis widerspiegeln sollen, zeigen systematische Unterschiede zu Beobachtungen, was u.a. auf unzureichende Kenntnisse zur Wirkung der Bewölkungsstruktur in der Arktis zurückzuführen ist. Das (AC)<sup>3</sup>-Projekt versucht die Ursachen für solche systematische Unterschiede aufzudecken.

# A. Ehrlich: Besonderheiten Arktischer Grenzschichtwolken

Ohne Kenntnis der Besonderheiten im Lebenszyklus sowie der physikalischen Eigenschaften arktischer Grenzschichtwolken ist ein Verständnis der dort ablaufenden Klimaänderungen nicht möglich. Dabei sind arktis-spezifische Faktoren, wie z.B. die meist niedrigen Sonnenstände, Polartag- und Nacht und eine hohe Variabilität der Bodenalbedo durch die Meereisverteilung zu berücksichtigen.



Der in der Arktis häufigste Wolkentyp sind arktische Grenzschichtwolken. Diese Mischphasenwolken bestehen aus einer Anzahl  $N_{tot}$  von wenigen Eiskristallen (CPI) und vielen Wassertröpfchen (FSSP). Die Masse der wenigen Eiskristalle (IWC) ist aber mit der Masse des Flüssigwassers (LWC) vergleichbar.

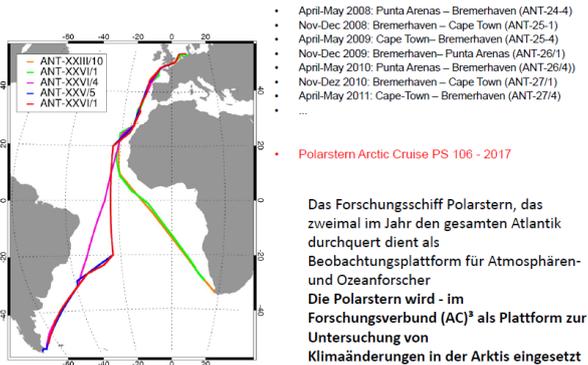


Aussagen zur Wolkenstruktur können durch die Beobachtung der Streuphasenfunktion getroffen werden. Bei hohem Sonnenstand (60°SZA) kann eine solche Wasserwolke bodennah kühlend, bei flachem Sonnenstand (80°SZA) wärmend wirken. Eine Eiswolke wirkt nur wärmend. Diesen Effekt auf Basis der tatsächlichen Wolkenstruktur in der Arktis zu quantifizieren und das im Zusammenspiel mit der Eisverteilung an der Erdoberfläche ist ein Ziel des (AC)<sup>3</sup>.

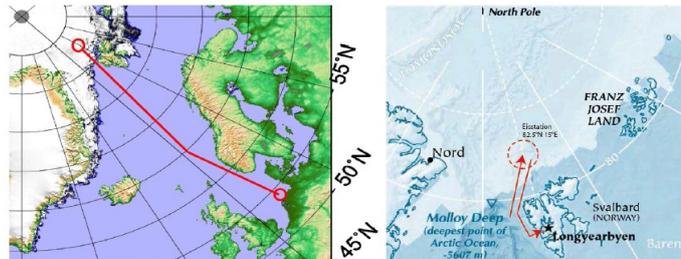
# A. Macke: Schiffsmessungen der Aerosol- und Wolkenverteilung und der zugehörigen Energieflüsse an der Meeresoberfläche

„TROPOS“, das Leibniz-Institut für Troposphärenforschung betreibt reguläre containerbasierte aktive und passive Fernerkundung der Aerosol- und Wolkenverteilung sowie Strahlungsbilanzmessungen auf dem Forschungsschiff Polarstern. Die RV Polarstern ist als im Eis driftende Forschungsplattform in den (AC)<sup>3</sup>-Forschungsverbund integriert. Auf diese Weise sind Messungen zum Strahlungsfeld, der Struktur der atmosphärischen Grenzschicht und der Wechselwirkung zwischen Wasser /Eis und Zusammensetzung der Aerosole in der Polarluft möglich.

## OCEANET Cruises RV Polarstern



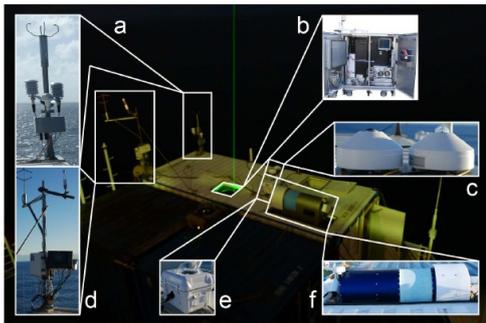
## Cruise track PS106.1 als Teil von (AC)<sup>3</sup>



24. 5. – 3. 6.: Bremerhaven – Ice station (82.5N, 15E)

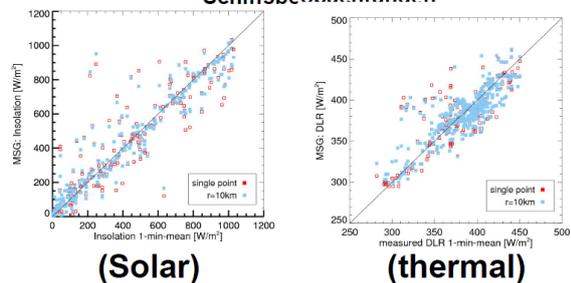
3. 6. – 17. 6.: Ice station drift  
18. 6. – 22. 6.: transit to Longyearbyen

## OCEANET: die Beobachtungsplattform für Atmosphärenparameter auf der Polarstern



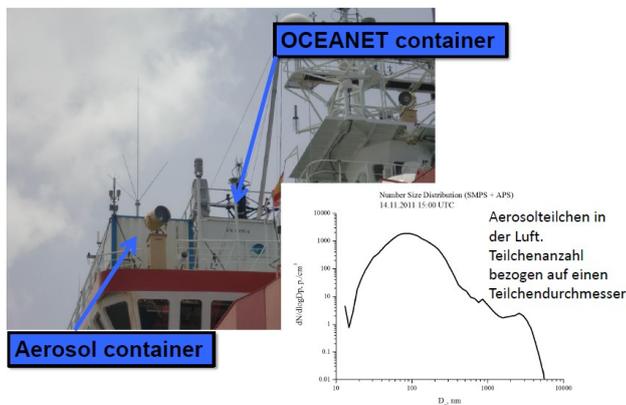
- a) Meteorologie
- b) LIDAR POLLY
- c) Strahlungsmessung
- d) Turbulenz und Gaskonzentration
- e) Wolkenkamera
- f) Radiometer

## Meteosat (MSG): Für die Erdoberfläche vom Satelliten gemessene solare Einstrahlung (solar) & atmosphärische Gegenstrahlung (thermal) im Vergleich zu in-situ Schiffsbeobachtungen

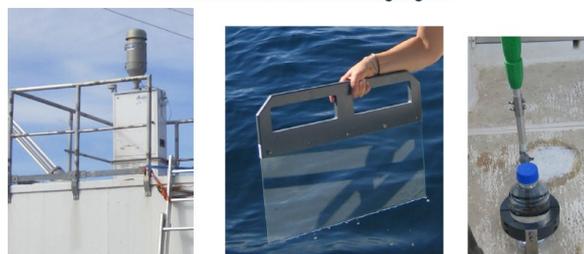


Zu c) Strahlungsmessung: Den Satellitenbeobachtungen gelingt es zunehmend besser die bodennahe Sonneneinstrahlung und die bodennahe atmosphärische Gegenstrahlung richtig zu messen. ??? Kann das für die ARKTIS bestätigt werden ????

## Woher stammen die Aerosolbestandteile ?



Ein Teil der Aerosolbestandteile können in der Haut der Wasseroberfläche wiedergefunden werden, um das zu untersuchen sind Probenahmen per Hand von der Wasseroberfläche unumgänglich



### Aerosol particle

- PM1: high volume sampler installed on the observation deck
- flow rate: 30 m<sup>3</sup> / h
- sampling time: 24 h

### Sea surface MicroLayer (SML)

- glass plate (500 x 250 x 4 mm)

### Bulkwater

- glass bottle on telescopic rod

**TROPOS**

# J. Quaas: Modellierung des Arktischen Klimas (<http://research.uni-leipzig.de/climate>)

Um die gegenüber anderen Gebieten auf der Erde beobachtete verstärkte Klimaänderung in der Arktis (Arktische Verstärkung) zu interpretieren und auf konkrete Ursachen zurückzuführen, sind Klimamodelle nötig. Heutige Klimamodelle (~100 km Auflösung) parametrisieren viele wesentliche Prozesse in der Arktis. Trotzdem wird eine plausible Simulation des beobachteten arktischen Klimawandels erreicht, wenn auch bestimmte Prozesse unterschätzt werden. Der Arktische Verstärkungsfaktor (~2) kann auf das Eis-/Schnee-Feedback und Temperaturprofil-Feedback zurückgeführt werden, was unter der Vorgabe einer Verdopplung des CO<sub>2</sub>-Gehalts der Atmosphäre schon von Manabe und Wetherald, (J. Atmos. Sci. 1975) simuliert wurde. Die Einflüsse auf die Dynamik der Atmosphäre sind jedoch noch herauszuarbeiten.

### Wie Klimamodelle funktionieren

Basierend auf den fundamentalen "primitiven" Gleichungen ( .. Navier-Stokes )

|  |  |
|--|--|
| <p><b>Impulserhaltung</b>, unter Beachtung von</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Druckgradientkraft</li> <li>- Gravitation</li> <li>- Viskose Reibung</li> <li>- Scheinkräfte: Zentrifugalkraft, Corioliskraft</li> </ul> | <p>Subskaliger Transport von Impuls</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Turbulenz</li> <li>- <u>Konvektion</u></li> </ul>   |
| <p><b>Energieerhaltung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Innere Energie (Temperatur)</li> <li>- Adiabatische Kompression/Expansion</li> <li>- Diabatisches Heizen/Kühlen</li> </ul>                                   | <p>Diabatische Prozesse</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>Strahlung</u></li> <li>- <u>Latente Wärme</u></li> <li>- Sensibler Wärmetransport</li> </ul>   |
| <p><b>Massenerhaltung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gesamtmasse</li> <li>- Kontinuitätsgleichungen für Wasser, Aerosole, chemische Spezies...</li> </ul>  | <p>Phasenumwandlungen und chemische Reaktionen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>Kondensation/Verdunstung/Sublimation/Gefrieren/Schmelzen</u></li> <li>- <u>Niederschlagsbildung</u></li> <li>- Umwandlungen zwischen Spezies</li> </ul> |

Numerische Lösung → Diskretisierung (horizontales Gitter / vertikale Schichten / Zeitschritt)

Typische Auflösung horizontal → 100 – 200 km

- Klima ist ein Randwertproblem:
- anders als Wettervorhersage unabhängig von Anfangsbedingungen
  - angetrieben durch
    1. Änderung der Sonneneinstrahlung
    2. Atmosphärenzusammensetzung (Treibhausgase, Aerosole)
    3. andere Einflussfaktoren (Vulkane, Landnutzung)
  - "Statistik" des Wetters
    - zeitliche Statistik (Mittelwerte, Extremwerte) in einem neuen Gleichgewicht
    - "Ensemble"-Statistik für mehrere mögliche zeitliche Verläufe
  - Evaluierung mit Beobachtungen für Vergangenheit / Gegenwart
  - Projektionen für die Zukunft
  - "Detection and attribution": Hypothesentest mit Sensitivitätssimulationen

