

Forschungsthema des Monats Januar 2020: Topic 1 Gekoppelte Modellierung regionaler Erdsysteme

MOSAiC - Die größte Arktisexpedition aller Zeiten liefert neue und einzigartige Daten, um Wettervorhersage- und Klimamodelle zu verbessern

Hintergrund und Ziele der Expedition

Die Arktis ist eingebettet in das globale Klimasystem. Gerade in Zeiten des Klimawandels kommt ihr eine zentrale Bedeutung zu, da hier die Erwärmung der Atmosphäre mehr als doppelt so schnell abläuft. Dabei sind die lokalen und regionalen Prozesse um diese „Arktische Verstärkung“ längst nicht vollständig verstanden. Die MOSAiC-Expedition setzt genau dort an und wird für ein ganzes Jahr Messungen aus der zentralen Arktis liefern, welche für herkömmliche Forschungsarbeit, insbesondere im Winter, kaum zu erreichen ist. Die Mission folgt dabei der Idee von Fridtjof Nansen, der sich 1893 bis 1896 mit seinem hölzernen Segelboot im Eis einfrieren lies, um mit der Transpolar-Eisdrift den Nordpol zu erreichen. Heute ist es der moderne Forschungseisbrecher Polarstern des Alfred-Wegener-Instituts, welcher seit September 2019 unterwegs ist und nun mit dem Meereis nahe des Nordpols von der Sibirischen Arktis in Richtung Framstraße driftet. Hunderte Wissenschaftler aus 20 Nationen sind beteiligt. An Bord werden, verteilt über sechs Fahrtabschnitte, Daten über fünf Themenbereiche erhoben: Daten über Atmosphäre, Meereis, Ozean, Biogeochemie und Ökosystem ermöglichen ein zusammenhängendes Bild über die arktischen Prozesse, ihre Wechselwirkung und wie sie sich mit der Zeit entwickeln. Die Messungen erstrecken sich vom Meeresgrund in bis zu 4000 m Tiefe bis hinauf in 35.000 m in die Stratosphäre. Um das Schiff herum ist ein Netzwerk aus weiteren Messpunkten aufgebaut, um in bis zu 50 km Entfernung auch räumlich die Dimensionen von Modell-Gitterzellen abzudecken. Vier weitere Eisbrecher unterstützen die Polarstern bei Aufbau und Versorgung. Weiterhin wird eine Landebahn auf dem Eis angelegt, um



Foto 1: Polarstern, das Camp auf der MOSAiC-Eisscholle und ein frischer Riss im Eis im letzten Sonnenlicht. Alfred-Wegener-Institut / Stefan Hendricks (CC-BY 4.0)

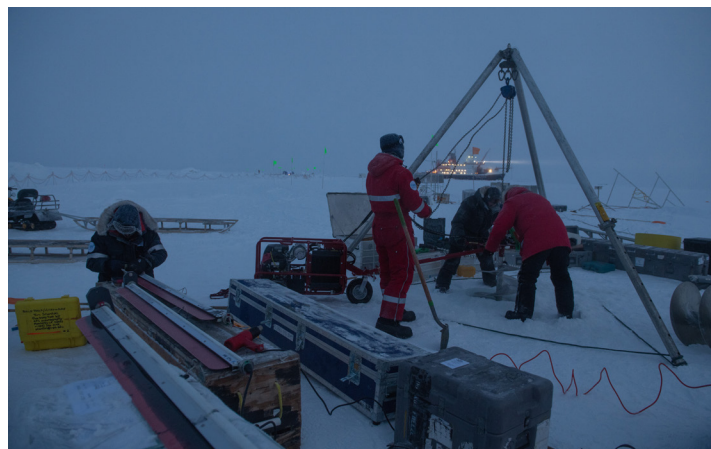


Foto 2: Aufbauarbeiten an MET City, dem meteorologischen Messstandort auf der MOSAiC-Eisscholle. Alfred-Wegener-Institut / Esther Horvath (CC-BY 4.0)

Versorgungs- und Forschungsflüge zu ermöglichen. Die große Menge einzigartiger Daten wird die internationale Wissenschaftsgemeinschaft über Jahrzehnte hinweg bearbeiten. Sie ermöglichen es, Prozesse in der Arktis besser zu verstehen, mit dem Ziel, dieses Wissen in Erdsystemmodelle einfließen zu lassen, welche dann zu Fortschritten in der Wettervorhersage und Klimaprognose führen.

Verknüpfung der Beobachtungen mit Modellierung

MOSAiC bietet die einmalige Gelegenheit, die neuartigen und umfassenden Beobachtungen mit Modellierungsaktivitäten zu verbinden. Dabei wird eine Hierarchie von Modellierungs- und Syntheseansätzen verwendet (Abb. 1). (i) Modelle unterstützen den Beobachtungsbetrieb: Zur Unterstützung der Entscheidungsfindung vor Ort wird die Expedition mit verschiedenen Vorhersageprodukten versorgt. Diese helfen, die wissenschaftlichen und logistischen Operationen zu planen. Dazu gehören sowohl Wettervorhersagen als auch Vorhersagen der Eisdrift. (ii) Beobachtungen unterstützen die operationelle Modellierung: Beobachtungen werden nahezu in Echtzeit benutzt, um Wettervorhersagen zu erstellen und zu verifizieren. Insbesondere Radiosonden- und Bojendaten fließen in das globale Messnetz zur Wettervorhersage ein und werden in globale und regionale Wettervorhersagesysteme und Eisvorhersagen assimiliert. Umgekehrt werden z.B. die simulierten Vertikalprofile von Temperatur, Wind und Feuchte mit den Radiosonden-Daten verglichen. Beobachtungen ermöglichen insbesondere, die Prozess-Parametrisierungen in Modellen zu evaluieren und daraufhin zu verbessern, sowohl in Wettervorhersage-, als auch in Klimamodellen. (iii) Modelle sind Werkzeuge zur Verbesserung des Prozessverständnisses: Abgeleitet aus den Messungen ist es mit einer Hierarchie von

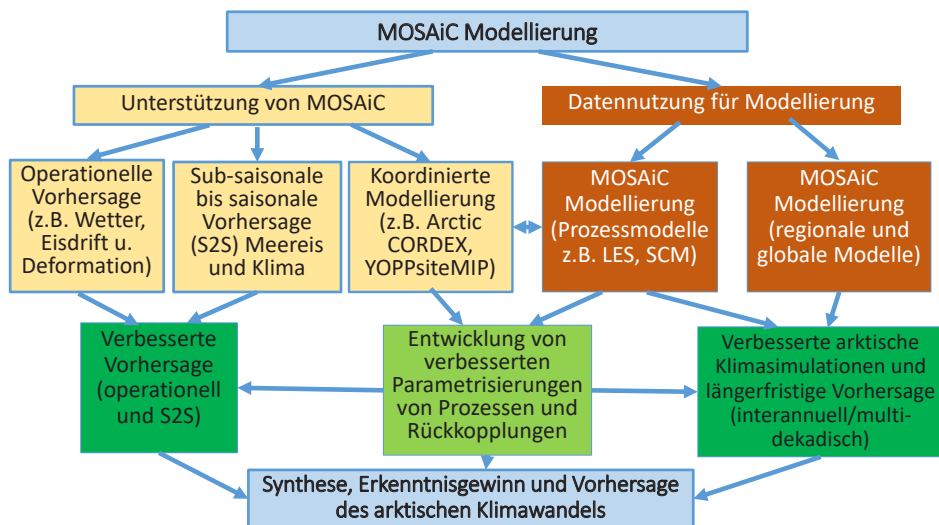


Abb. 1: Konzept des MOSAiC-Modellierungsansatzes (Rinke und Maslowski, St. Petersburg MOSAiC Meeting 2017)

Modellen (Abb. 2) möglich, bisher unterrepräsentierte oder nicht aufgelöste Prozesse in den einzelnen Systemkomponenten aufzulösen, Kopplungen zwischen verschiedenen Systemkomponenten zu beschreiben und die skalenabhängigen Sensitivitäten im Parameterraum zu untersuchen. Diese Erkenntnisse fließen dann in Vorhersagen und Klimasimulationen ein und reduzieren die Unsicherheiten.

Prozessmodelle sind der direkteste Weg, um die Beobachtungen am zentralen MOSAiC-Observatorium und im verteilten Netzwerk mit hochauflösenden Simulationen zu verbinden und dienen als "virtuelles Labor". Es werden Strahlungstransfer- und Säulenmodelle (Single Column Model; SCM) sowie Large-Scale Eddy Simulation (LES) Modelle angewendet, um verbesserte, sub-gridskalige Parametrisierungen von kritischen Prozessen, unter anderem der

Wolkenmikrophysik und Turbulenz in der atmosphärischen Grenzschicht, abzuleiten. Regionale Modellierung hilft, die raumzeitlichen Skalen von lokalen individuellen Prozessen hin zu geeigneten Klimasignalen zu überbrücken. Zentrales Thema ist die Verbesserung unseres Verständnisses von gekoppelten Klimaprozessen. Dies liefert neues Wissen über den Ablauf von Klimaänderungen und hat somit soziale und politische Relevanz für den Klimaschutz und das Erkennen von Auswirkungen des Klimawandels, sowie für das Entwickeln von Anpassungsstrategien. MOSAiC bietet eine einzigartige Gelegenheit, um zum Prozessverständnis und zur Modellierung der Prozesse in allen Klimateilsystemen beizutragen. Dazu gehören neben den Atmosphäre-Meereis-Ozean Wechselwirkungen auch biogeochemische Prozesse und das Ökosystem.

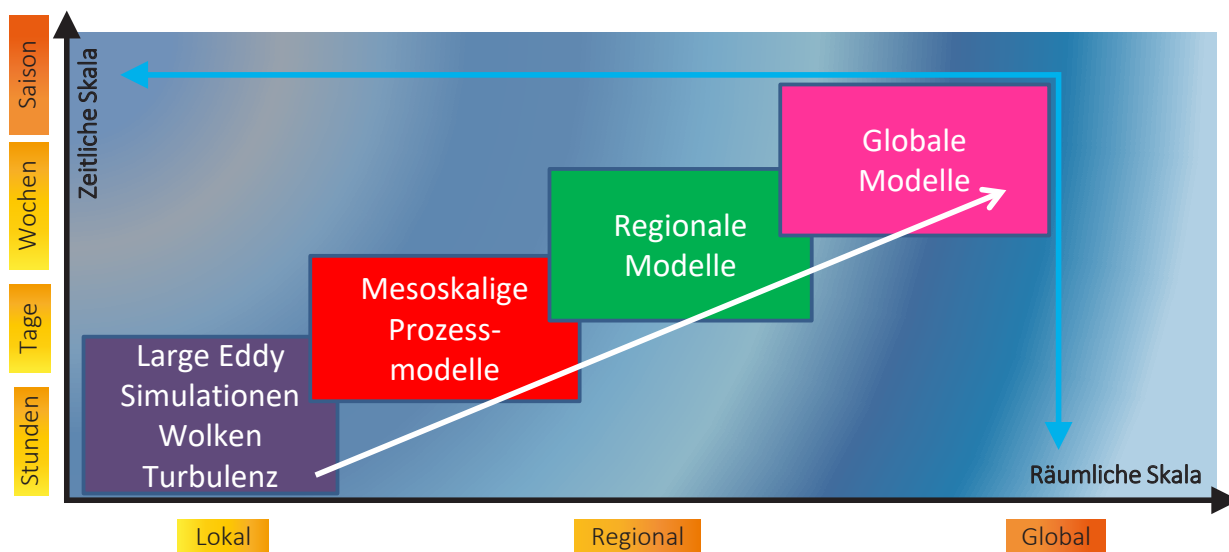


Abb. 2: Modellhierarchie entsprechend der raumzeitlichen Skalen und verschiedenen Klima-Teilsysteme (modifiziert aus dem MOSAiC Implementation Plan)

Auf deutscher Seite ist u.a. das AWI-Potsdam an den MOSAiC Modellierungsaktivitäten beteiligt. Im Rahmen von REKLIM (Thema 1) wird dabei regionale Modellierung mit globaler Modellierung verbunden und mit Beobachtungen verknüpft (Abb. 3). Die regionale Modellierung basiert auf dem atmosphärischen Modell ICON (Zängl et al., 2015), welches als hochaufgelöstes Regionalmodell auf die Arktis angewendet wird (Bresson et al., 2019) sowie auf dem gekoppelten Atmosphäre-Eis-Ozean Regionalmodell HIRHAM-NAOSIM (Dorn et al., 2019). Auf der globalen Skala wird auch das ICON Modell angewendet und zusätzlich das gekoppelte Klimamodell AWI-CM (Sidorenko et al., 2015; Rackow et al., 2016). Modellverbesserungen sind dringend notwendig, um die nichtlineare Kopplung zwischen regionalen und globalen Skalen besser zu repräsentieren (Dethloff et al., 2019). Ein Schwerpunkt der Arbeiten ist die Implementierung verbesserter Parametrisierungen des turbulenten Austausches in der Grenzschicht über Meereis in die Modelle und deren nachfolgende Evaluierung und Harmonisierung/Feintuning. Ein anderer Schwerpunkt ist die Evaluierung von Prozessen während bestimmter Ereignisse, wie extreme Stürme und Bildung von offenen Wasserflächen (z.B. Meereisrinnen) und deren Wechselwirkungen mit dem regionalen und globalen Wetter- und Klimageschehen.

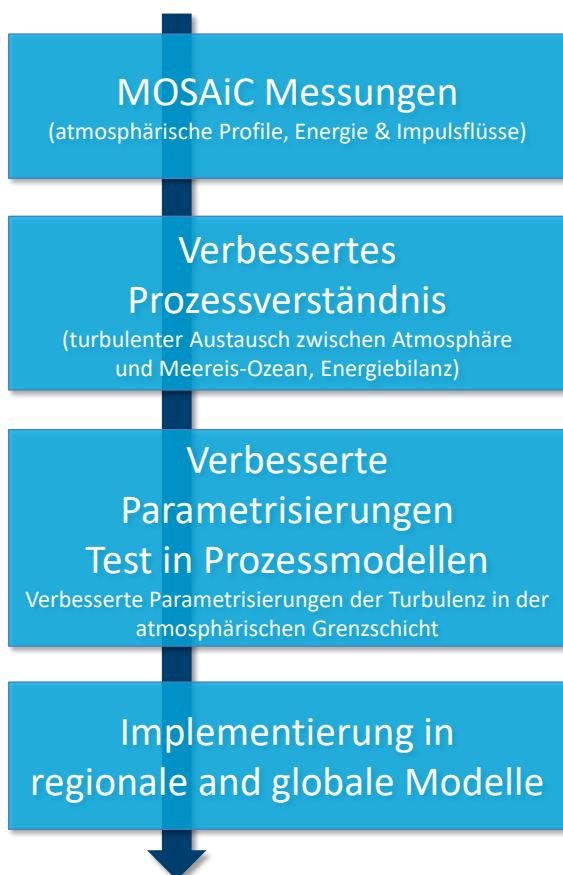


Abb. 3: Verknüpfung von MOSAiC Beobachtungen und Klimamodellierung über verschiedene Skalen am AWI (Handorf et al., Potsdam MOSAiC Meeting 2019)

REKLIM Wissenschaftler an Bord

Ralf Jaiser (REKLIM Thema 1) vom AWI Potsdam nimmt für das Atmosphären-Team auf dem dritten Fahrtabschnitt der Expedition teil. Seine Hauptaufgaben werden dort verschiedene Ballonmessungen sein. Er ist auch in der globalen Modellierung involviert. Weiterhin ist er Sprecher für das Datenmanagement des Modellierungsteams. Annette Rinke (REKLIM Thema 1 Sprecherin) vom AWI Potsdam und Torsten Sachs (REKLIM Thema 3 Sprecher) vom GFZ Potsdam nehmen für das Team Biogeochemie auf dem dritten Fahrtabschnitt teil. Hauptaufgaben sind Messungen von Methan und anderen Spurengasen im Meereis und Oberflächenwasser und von Methan in der unteren Troposphäre. Annette Rinke ist Ko-Koordinatorin der MOSAiC-Modellierungs-Strategie und in der regionalen Modellierung involviert.

Online Informationen rund um MOSAiC

- <https://www.mosaic-expedition.org/> Alle Informationen über die Expedition, das Team und die Wissenschaft
- <https://follow.mosaic-expedition.org/> Verfolge die Expedition live, inklusive Drift, Position und Wetter
- <https://blogs.helmholtz.de/polarstern/> Expeditionsteilnehmer berichten in diesem Blog über ihre Forschung
- <https://audionow.de/podcast/arctic-drift—das-audiologbuch> Expeditionsleiter Markus Rex gibt wöchentlich einen Einblick in das Leben an Bord und spricht über die aktuellen Erkenntnisse und Herausforderungen
- <https://www.meereisportal.de/mosaic/> Meereisbezogene Karten und Daten der MOSAiC-Expedition
- <https://www.meereisportal.de/mosaic/meereisticker/> Wöchentlicher Meereisticker zu Arbeiten des Teams ICE in MOSAiC

Referenzen:

- Bresson, H., A. Rinke, V. Schemann, S. Crewell, C. Viceto, and I. Gorodetskaya, 2019: Atmospheric rivers over the Arctic with the ICON model, Poster, International REKLIM conference, 23-25 Sept. 2019, Berlin
- Dethloff, K., D. Handorf, R. Jaiser, A. Rinke, and P. Klinghammer, 2019: Dynamical mechanisms of Arctic amplification, *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, 1436, 184-194, doi:10.1111/nyas.13698
- Dorn, W., A. Rinke, C. Köberle, K. Dethloff, and R. Gerdes, 2019: Evaluation of the sea-ice simulation in the upgraded version of the coupled regional atmosphere-ocean-sea ice model HIRHAM-NAOSIM 2.0, *Atmosphere*, 10, 431, doi:10.3390/atmos10080431
- Sidorenko, D., T. Rackow, T. Jung, T. Semmler, D. Barbi, S. Danilov, K. Dethloff, W. Dorn, K. Fieg, H.F. Goessling, D. Handorf, S. Harig, W. Hiller, S. Juricke, M. Losch, J. Schröter, D.V. Sein, and Q. Wang, 2015: Towards multi-resolution global climate modeling with ECHAM6-FESOM. Part I: model formulation and mean climate, *Clim. Dyn.*, 44, 757-780
- Rackow, T., H.F. Goessling, T. Jung, D. Sidorenko, T. Semmler, D. Barbi, and D. Handorf, 2016: Towards multi-resolution global climate modeling with ECHAM6-FESOM. Part II: climate variability, *Clim. Dyn.*, 1-26
- Zängl G., D. Reinert, M.P. Ripodas, and M. Baldauf, 2015: The ICON (ICOsahedral Nonhydrostatic) modelling framework of DWD and MPI-M: Description of the nonhydrostatic dynamical core. *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, 141, 563-579, doi:10.1002/qj.2378

Ansprechpartner:

Dr. Annette Rinke und Dr. Ralf Jaiser
Alfred-Wegener-Institut Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung, Potsdam