

Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät

Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde

Fachgebiet: Physikalische Ozeanographie

Betreuer: Prof. Dr. Hans Burchard

Markus Reinert (markus.reinert@iow.de)

Ice–Ocean Interactions at Greenland’s Largest Floating Glacier Tongue

Englische Zusammenfassung

Melting of the Greenland and Antarctic Ice Sheets is an important contributor to global sea level rise, but the ice sheets’ future contributions are highly uncertain. In particular, the interactions between the ice sheets and the ocean remain poorly constrained in model-based projections. This dissertation develops improved methods to model ice–ocean processes and applies them to the 79° North Glacier, the glacier with Greenland’s largest floating ice tongue.

Floating glacier tongues and ice shelves are primarily melted from below by the ocean. The oceanic processes beneath the ice are not only challenging to observe, but also difficult to simulate accurately in numerical models, particularly because a very high resolution is required. Here, it is demonstrated that adaptive vertical coordinates can provide the necessary resolution by dynamically zooming toward the ocean currents that drive the melting. Furthermore, a new model formulation of ocean-driven melting – suitable for high vertical resolutions – is derived. These methods are employed in a hierarchy of six models of increasing complexity, from idealized low-dimensional setups to a realistic three-dimensional fjord model, resolving the oceanic processes below the glacier tongue in unprecedented detail. The realistic model shows that the ice is melted by different ocean currents and reveals their distinct properties.

The new process understanding and the new methods are transferable to other glaciers and ice shelves on Greenland and Antarctica. This can help to reduce the uncertainty in projections of the ice sheets’ contributions to sea level rise.

Deutsche Zusammenfassung

Das Abschmelzen des grönländischen und des antarktischen Eisschildes trägt maßgeblich zum weltweiten Anstieg des Meeresspiegels bei, doch wie groß dieser Anteil in Zukunft konkret sein wird, ist ungewiss. Ein wesentlicher Grund für diese Unsicherheit ist, dass Wechselwirkungen zwischen den Eisschilden und dem Ozean nur unzureichend in Modellprojektionen berücksichtigt werden. Die vorliegende Dissertation entwickelt verbesserte Methoden zur Modellierung dieser Prozesse und wendet sie für den 79°N Gletscher an – Grönlands längste schwimmende Gletscherzunge.

Schwimmende Gletscherzungen und Eisschelfe schmelzen in erster Linie von unten aufgrund des darunter einströmenden, warmen Meerwassers. Diese Prozesse sind schwierig zu beobachten, aber auch schwierig zu simulieren, denn für letzteres wird eine hohe Modellauflösung benötigt. In dieser Arbeit wird gezeigt, dass vertikal-adaptive Koordinaten die notwendige Auflösung bereitstellen können, indem sie die Auflösung in den relevanten Bereichen dynamisch erhöhen. Des Weiteren wird eine neue, für hohe vertikale Auflösungen geeignete Parametrisierung des Schmelzens entwickelt. Diese Ansätze werden in einer Modellhierarchie – sechs Modelle mit zunehmender Komplexität in einer bis drei Dimensionen – verwendet, um die Meeresprozesse unter der Gletscherzunge detailliert zu simulieren. Das realistischste Modell dieser Dissertation zeigt, dass drei Meeresströmungen mit unterschiedlichen Eigenschaften zum Abschmelzen beitragen.

Sowohl das neue Prozessverständnis als auch die neuen Methoden können auf andere Gletscher und Eisschelfe übertragen werden. Auf diese Weise können Unsicherheiten in den Meeresspiegelprojektionen potenziell reduziert werden.