

ALONG

Atlantic overturning circulation from GRACE/GRACE-FO

Programm / Ausschreibung	ASAP, ASAP 15. Ausschreibung (2018)	Status	abgeschlossen
Projektstart	01.01.2020	Projektende	30.06.2022
Zeitraum	2020 - 2022	Projektlaufzeit	30 Monate
Keywords	AMOC; GRACE/GRACE-FO; ocean mass transport; satellite gravimetry		

Projektbeschreibung

Die atlantische meridionale Umwälzbewegung (Atlantic Meridional Overturning Circulation, AMOC) spielt eine herausragende Rolle im globalen Klimasystem und stellt den Hauptmechanismus für den nordwärts gerichteten Transport von Wärme dar. Damit ist die AMOC eine wichtige Grundlage für das milde Klima in West- und Nordeuropa.

Trotz dieser Bedeutung ist die AMOC nur spärlich beobachtet, da flächendeckende, zeitlich durchgehende Messungen auf Grund der räumlichen Ausdehnung schwer zu bewerkstelligen sind. Als derzeitige Hauptinformationsquelle liefert das Rapid Climate Change – Meridional Overturning Circulation and Heatflux Array (RAPID/MOCHA) Messungen von Ozeanbodendruck, Wassertemperatur und Dichte an ausgewählten Punkten entlang des 26. nördlichen Breitenkreises. Zusätzlich werden windgetriebene Oberflächenströmungen aus Satellitenaltimetrie bestimmt.

Im Vergleich zu diesen Messmethoden bietet die Satellitengravimetrie entscheidende Vorteile. Einerseits wird die integrierte Massensäule vom Ozeanboden bis zur Meeresoberfläche beobachtet, wodurch sich direkt Ozeanbodendruck ableiten lässt. Zusätzlich ermöglicht der globale Charakter von Satellitenbeobachtungen das Monitoring der AMOC im gesamten Atlantik und ist nicht auf diskrete Breiten beschränkt. Die Satellitenmission Gravity Recovery And Climate Experiment (GRACE) wurde speziell dafür konzipiert, zeitliche Änderungen des Erdschwerefeldes, und damit indirekt Massenänderungen, hoch genau zu bestimmen. Diese höchst erfolgreiche Mission lieferte monatliche Schwerefeldlösungen von 2002 bis 2017, eine Zeitreihe, welche durch die im Mai 2019 gestartete Nachfolgemission GRACE Follow-On fortgesetzt wird. Die lange Beobachtungsdauer und die zugrundeliegende Langzeitstabilität der Messdaten ermöglichen nicht nur die Untersuchung von kurzfristigen AMOC Anomalien, sondern ebenfalls die Bestimmung von Langzeittrends. Vorstudien haben gezeigt, dass Änderungen der AMOC aus Beobachtungen der GRACE Mission abgeleitet werden können. Jedoch unterliegen unter Anderem das Rauschniveau und die räumliche Auflösung der verwendeten Daten sehr hohen Anforderungen.

In dem vorgeschlagenen Projekt wird, aufbauend auf der Expertise des Instituts für Geodäsie im Bereich der Schwerefeldbestimmung, ein Datenprodukt entwickelt, welches die zeitlichen Änderungen des Massentransports im Atlantik über den gesamten Beobachtungszeitraum der GRACE und GRACE-FO Mission für alle Tiefenschichten und Breiten beschreibt. Um dies zu realisieren, wird im ersten Schritt eine Prozessierungskette implementiert um, aus geschätzten Schwerefeldern, auf den Atlantischen Ozean zugeschnittene Bodendruckmessungen abzuleiten. Dazu zählen die Bestimmung der Geozentrumskorrektur, die Stabilisierung von C20, sowie die implizite Filterung mittels Kollokation nach kleinsten Quadraten. Basierend auf diesen Eingangsdaten wird eine Zeitreihe des Massentransports im Atlantik erstellt und

eine rigorose Analyse der AMOC durchgeführt.

Mit dieser Datengrundlage wird es zum ersten Mal möglich die Kohärenz der AMOC für beliebige Tiefenschichten und Breiten aus Beobachtungen zu untersuchen. Aus diesem Grund sind dieser Datensatz und die darauf aufbauend Untersuchungen hoch relevant für die Klimaforschung, die Verbesserung von Klimamodellen und für das grundlegende Verständnis des regionalen Klimas in Europa

Abstract

The Atlantic Meridional Overturning Circulation (AMOC) plays a key role in our global climate system and is the main mechanism of northward heat transport for a warm climate in Northern Europe. Despite its crucial role, the AMOC is only scarcely observed, as observations covering all of the Atlantic Ocean for an extended time are difficult to obtain. Currently, there is an array at 26°N, called RAPID-array, which is the main source of data for monitoring changes in the AMOC. In addition, satellite altimetry is used to monitor near surface currents.

Satellite gravimetry offers key advantages compared to these existing data sources by providing ocean bottom pressure anomalies with global coverage, thus allowing to monitor the AMOC in the complete Atlantic Ocean basin. The Gravity Recovery And Climate Experiment (GRACE) satellite mission provided a nearly continuous time series of monthly gravity field snapshots from 2002 up to 2017 and its successor GRACE Follow-On will extend this data record from 2019 onwards. In contrast to in-situ measurements of ocean bottom pressure, which suffer from inherent drift problems, the temporally stable satellite observations allow investigations of the long-term AMOC behavior.

Preliminary studies have shown that monitoring changes in the AMOC is possible with observations from GRACE. However, this application is pushing the limits of the current solutions in resolution and accuracy. In order to derive AMOC changes for the complete ocean basin, we build on the extensive knowledge of the Institute of Geodesy in the field of gravity field recovery. To fully exploit the information content in the gravity observations, we will implement a processing chain specifically tailored to the Atlantic Ocean. A thorough investigation of resolution issues will help us to mitigate negative effects of coarse spatial resolution. Using least-squares collocation, consistent degree-1 estimation and stabilization of C20, gridded ocean bottom pressure variations will be computed for the complete data record of GRACE and GRACE Follow-On. This time series, which will span over 15 years, serves as a basis for a novel data product, consisting of ocean mass transport in time, depth, and latitude.

It will be the first consistent time series monitoring AMOC changes across all of the Atlantic Ocean basin and will for the first time enable investigations of AMOC coherence from observations across latitudes and depths. Furthermore, the accomplished data set will be extremely valuable for climate studies and climate models, since the AMOC is a key element of heat transport in our changing climate globally, but in particular for Europe.

Projektpartner

- Technische Universität Graz Institute of Geodesy