



Satellitenfernerkundung des Meereisvolumenflusses durch die Framstraße und in der Grönlandsee: 2003-2006

G. Spreen (1), S. Kern (1), D. Stammer (1) und L. Kaleschke (1)

(1) Institut für Meereskunde, Universität Hamburg, Zentrum für Marine und Atmosphärische Wissenschaften (ZMAW), (gunnar.spreen@zmaw.de)

Der Export von Meereis durch die Framstraße in die Grönlandsee stellt die größte Quelle von Süßwasser im Europäischen Nordmeer da und ist daher von zentraler Bedeutung für den Süßwasserhaushalt des Nordatlantiks. Die zwischenjährliche Variabilität des Meereisexports aus dem Arktischen Ozean wird vom atmosphärischen Antrieb dominiert, während langfristige Änderungen von z.B. einer Abnahme der Meereisbedeckung und -dicke herrühren können. Auf dem Weg nach Süden schmilzt das exportierte Meereis und bestimmt so maßgeblich die oberflächennahe Schichtung der Wassermassen und damit Ausprägung und Wahrscheinlichkeit des Auftretens ozeanischer Tiefenkonvektion und Wassermassentransformation im Nordmeer, was wiederum die globale thermohaline Tiefenzirkulation beeinflusst.

Einer der bisherigen Schwachpunkte der Bestimmung dieses Eisexports ist das Fehlen flächendeckender Beobachtungen der Meereisdicke. In diesem Beitrag wird ein neues Verfahren vorgestellt, den Meereisvolumenfluss allein aus Satellitenfernerkundungsbeobachtungen abzuleiten. Bisher beruhten Abschätzungen des Volumentransports in punkto Eisdicke auf den Eistiefgangsmessungen eines einzelnen, bei ca. 79°N verankerten Sonars (ULS, *Upward Looking Sonar*). Die daraus bestimmten Punkt-Eisdickenmessungen wurden quer zur Framstraße interpoliert. Mit den seit 2003 gemessenen Daten des Laseraltimeters GLAS auf dem Satelliten ICESat ist es erstmalig möglich, die flächenhafte Eisdickenverteilung bis zu einer Breite von 86° als monatliche Mittel zu erfassen. Zur Bestimmung des Eisvolumenflusses wird ein Multi-Sensoransatz verwendet: Aus GLAS Höhenmessungen wird die Eisdicke und aus Mikrowellenradiometerdaten von AMSR-E und Radarrückstreumessungen

von QuikSCAT werden Meereisbedeckung, -drift und -typ abgeleitet. Diese Größen werden zum Meereisvolumenfluss kombiniert, der schlussendlich als flächenhaftes Monatsmittel auf einem 25 km Gitter berechnet wird.

Als erster Schritt zur Bestimmung der Eisdicke wird das Eisfreibord aus den GLAS Laseraltimeterdaten bestimmt. Dazu muss die Höhe der Meeresoberfläche (SSH, *Sea Surface Height*) mit Zentimetergenauigkeit bekannt sein. Als erste Näherung für die SSH wird der zur Zeit beste Geoid für die Arktis des *Arctic Gravity Project* (ArcGP) verwendet. Die verbleibenden Unsicherheiten der SSH auf Grund von dynamischen Prozessen, wie Tiden, Strömungen und barometrischen Effekten, müssen durch einen weiteren Prozessierungsschritt eliminiert werden.

Hierbei nutzt man aus, dass die Meereisbedeckung immer wieder von Rinnen im Eis, die offenes Wasser oder dünnes Eis enthalten, unterbrochen ist. Der GLAS-Laser trifft diese offenen Rinnen bei einem Überflug im Mittel mehrere Male. Dank des geringen Durchmessers des GLAS-Laserpulses von etwa 60 m an der Erdoberfläche werden diese offenen Wasserstellen häufig vollständig getroffen. Die gemessene Höhe in diesen Rinnen ist die beste Repräsentation der SSH in eisbedeckten Gebieten. Sie tauchen als lokale Minima in den schon geoidkorrigierten Höhenmessungen auf. Ein Fit durch diese Minima wird als SSH entlang eines ICESat-Überflugs verwendet. Die Differenz zwischen dieser SSH und den Altimetermessungen ergibt das Eisfreibord. Ein Vergleich mit ENVISAT ASAR-Daten bestätigt die Tauglichkeit dieses Ansatzes. Mit Hilfe von vor Ort gemessenen und klimatologischen Daten der Meereis- und Schneedichte sowie Schneetiefe wird die Eisdicke unter Annahme hydrostatischen Gleichgewichts bestimmt. Dabei werden zwei Eisdichteklassen (mehrjähriges und erstjähriges Eis) mit Hilfe von QuikSCAT-Radarrückstreuendaten unterschieden.

Die Eisbedeckung wird mit dem *ARTIST Sea Ice* (ASI) Algorithmus bestimmt (siehe weiterer Beitrag „Zeitreihe 2002 bis 2007 der globalen Meereiskonzentration in 6 km Auflösung aus AMSR-E 89 GHz Daten“ von Spreen et al. auf dieser Tagung). In Kombination mit der Eisdrift ergibt sich der Eisflächenfluss. Die Eisdrift wird mit Hilfe von Kreuzkorrelationsanalyse von AMSR-E oder QuikSCAT-Daten aufeinander folgender Tage abgeleitet. Das Produkt aus Eisflächenfluss und Eisdicke ergibt den Eisvolumenfluss pro Gitterzelle, aus dem dann für definierte Schnitte, z.B. quer zur Framstraße, der Meereisvolumentransport abgeschätzt werden kann.

Der Eisvolumenfluss unterliegt großer jährlicher und zwischenjährlicher Variabilität. Dabei spielt für den Eisexport zum einen der direkte atmosphärische Antrieb wie der Druckgradient quer zur Framstraße als auch die großskalige Volumenflussverteilung eine Rolle. Letztere bestimmt z.B. die Quellregion für das exportierte Meereis und damit dessen Alter und Dicke. Bedingt durch Einschränkungen der Laser misst ICESat nur dreimal etwa einen Monat pro Jahr. Die bisher verfügbaren Messzeiträume zwischen 2003 bis 2006 geben die beschriebene Variabilität jedoch schon wieder. Mit der

hier vorgestellten Methode zur direkten Volumenflussmessung kann nicht nur, wie bisher, der Betrag des Volumenflusses durch einen Querschnitt in der Framstraße bestimmt werden, sondern auch die Dynamik ober- und unterhalb dieses Schnittes besser verstanden werden.