

5.4 Das Meereis in der Antarktis

DIRK NOTZ

Das Meereis in der Antarktis: Das Meereis in der Antarktis unterscheidet sich in vielerlei Hinsicht von dem in der Arktis. Zum Beispiel ist der Jahresgang seiner Ausdehnung deutlich größer, das Eis schmilzt kaum an seiner Oberseite, und die Ausdehnung des Eises hat in den letzten Jahren leicht zugenommen. Diese Unterschiede hängen vor allem mit den unterschiedlichen geographischen Gegebenheiten zusammen, aufgrund derer das Eis im Südpolarmeer ungehindert in wärmere Breiten treiben kann, da es nicht von Landmassen eingeschlossen ist. Sowohl der hohe Jahresgang als auch die Zunahme des Eises lassen sich unter diesen Bedingungen mit dem Windantrieb erklären, der sich in den letzten Jahren verstärkt hat. Ein weiterer wichtiger Unterschied zwischen antarktischem und arktischem Meereis liegt in dem überwiegenden Auftreten unterschiedlicher Eistypen, denn im Südpolarmeer besteht das Meereis zu einem großen Teil aus kleinen Eisplättchen (engl. frazil ice), aus Schnee-Eis und aus Platelet-Eis.

The sea ice in the Antarctic: Antarctic sea ice differs in many respects from its Arctic counterpart. For example, the annual cycle of its extent is much larger; there is little melt at the sea-ice surface, and the ice extent has been slightly increasing in recent years. These differences are largely caused by the different geographical setting around the Antarctic, where the ice is not bounded by continental margins towards warmer latitudes but can instead freely expand northward. In such setup, the large annual cycle, as well as the increasing extent are readily explicable by the prevailing wind forcing, which has increased in magnitude in recent years. Another major difference lies in the dominance of differing ice types in the Antarctic compared to the Arctic, with the wide spread occurrence of frazil ice, snow ice and platelet ice in the sea-ice pack.

Auch wenn ein Großteil der wissenschaftlichen und öffentlichen Aufmerksamkeit in Bezug auf Meereis auf die jüngsten Veränderungen des arktischen Meereises gerichtet ist, so liegt doch im Winter die bei weitem größte zusammenhängende Fläche von Meereis auf der entgegengesetzten Halbkugel, im Südpolarmeer rund um die Antarktis. Hier herrschen im Winter eisige Stürme und tiefe Temperaturen vor, die das Meerwasser auf großen Flächen zum Gefrieren bringen und mit Eis bedecken, welches dann im Sommer wieder fast vollständig abschmilzt.

In vielerlei Hinsicht wirft dieses Meereis der Antarktis nach wie vor Fragen auf, die wissenschaftlich häufig erst ansatzweise geklärt sind. Die wohl größte öffentliche Aufmerksamkeit dürfte dabei der Frage zukommen, warum im Gegensatz zur Arktis das Meereis in der Antarktis in den letzten Jahren leicht zugenommen hat. Wir werden im folgenden sehen, dass diese Zunahme durchaus im Einklang mit unserem Verständnis der dominierenden Prozesse im Südpolarmeer ist, und nicht, wie teilweise behauptet, als Gegenbeweis für den Klimawandel dienen kann. Hierzu ist es aber zunächst nötig, ein grundlegendes Verständnis für die verschiedenen atmosphärischen und ozeanischen Antriebe zu gewinnen, die den Jahresgang und die langfristige Entwicklung des Meereises im Südpolarmeer dominieren. Diese werden daher zuerst beschrieben. Anschließend wenden wir uns dann in 3. Abschnitt der Frage zu, warum das Eis in der Antarktis aus einer Vielzahl von unterschiedlichen Eistypen besteht, die in der Arktis kaum oder gar nicht vorkommen. In 4. Abschnitt erläutern wir dann kurz unser derzeitiges Verständnis der beobachteten Zunahme des antarktischen Meereises.

Großskalige Verteilung und Jahresgang

Beginnen wir mit einem Blick auf die großskaligen Veränderungen des Meereises im Laufe eines Jahres. Dieser Jahresgang ist in der Antarktis deutlich stärker ausgeprägt als in der Arktis, wie zum Beispiel ein Blick auf die jeweils maximale und minimale Eisbedeckung der beiden Polarmeere zeigt. In der Arktis sind im Winter etwa 15 Mio. km² von Eis bedeckt, im Sommer in den letzten Jahren noch etwa 4 bis 5 Mio. km². In der Antarktis kann hingegen die Ausdehnung im Winter auf über 20 Mio. km² anwachsen, wohingegen das Meereis im Sommer teilweise weniger als 3 Mio. km² bedeckt (vgl. Abb. 5.4-1).

Diese Unterschiede in den Jahresgängen hängen vor allem mit den unterschiedlichen geographischen Gegebenheiten zusammen. In der Arktis ist das Meereis durch die umgebenden Landmassen nahezu vollständig von südlicheren Breiten abgetrennt und verbleibt damit das ganze Jahr über in hohen Breiten konzentriert, abgesehen von einer gewissen Menge an Eis, die aufgrund des vorherrschenden Zirkulationsmusters z.B. mit dem Transpolarstrom bis zur Framstraße und damit aus der Arktis transportiert wird. Das Südpolarmeer hingegen ist in Richtung Äquator vollkommen offen, sodass das Eis ungehindert in wärmeres Wasser treiben und dort abschmelzen kann.

Aufgrund der Tatsache, dass der bei weitem größte Teil des Eises im Südpolarmeer erstjähriges Eis ist, ist die mittlere Eisdicke des Eises in der Antarktis mit knapp über einem halben Meter deutlich geringer als in der Arktis, wo Eisdicken von 1-2 m durchaus typisch sind. Diese geringe Dicke des Eises um die Antarktis herum trägt wiederum dazu bei, dass das Eis im

Sommer schnell abschmelzen kann, sodass sich der beschriebene hohe Jahresgang in der Eisbedeckung ergibt.

Ein weiterer wichtiger Unterschied zwischen der großskaligen Entwicklung von arktischem und antarktischem Meereis liegt in den unterschiedlichen Antrieben des sommerlichen Abschmelzens des Eises. In der Arktis sind die Lufttemperaturen im Sommer so hoch, dass der größte Teil des Eisverlusts an der Eisoberseite stattfinden kann. Dies zeigt sich zum Beispiel in der weiten Verbreitung von Schmelzwasserpfützen auf dem arktischen Meereis. In der Antarktis hingegen sind solche Schmelzwasserpfützen nur äußerst selten zu finden, weil die Lufttemperaturen nicht ausreichend ansteigen, um großskaliges Schmelzen an der Eisoberseite zu ermöglichen. Der bei weitem größte Teil des Eisverlusts in der Antarktis findet damit von der Eisunterseite her statt, wo vergleichsweise warmes Meerwasser effektiv das vorhandene Meereis ausdünn.

Angemerkt sei hierzu noch, dass das Dünnerwerden des Meereises an seiner Unterseite häufig kein echter Schmelzvorgang ist, weil die Wassertemperaturen des Südpolarmeeress großteils unter der Schmelztemperatur des Süßwassereises liegen, das den festen Bestandteil von Meereis ausmacht. Da dieses Süßwassereis erst bei Temperaturen oberhalb von $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ schmelzen kann, kann solange kein Schmelzen stattfinden, wie die Wassertemperaturen unterhalb dieses Wertes liegen. Die Tatsache, dass das Meereis trotzdem effektiv von unten her dünner werden kann, ist im Vorhandensein von Salz im Meerwasser begründet. Aufgrund des vorhandenen Salzes löst sich das Meereis bei Wassertemperaturen,

die oberhalb des Gefrierpunktes von Meerwasser liegen, langsam im Ozean, ähnlich wie sich Zucker im Kaffee löst, obwohl der Kaffee deutlich kälter ist als die Schmelztemperatur von Zucker. Das Dünnerwerden des Meereises von seiner Unterseite her ist damit normalerweise eher ein Lösungsvorgang als ein Schmelzvorgang, was eine genaue Simulation dieses Prozesses zum Beispiel in Klimamodellen deutlich erschwert.

Eine etwas höhere Detailstufe der großräumigen Verteilung von Meereis ergibt sich aus einer Betrachtung der vorherrschenden Zirkulationsmuster des Eises rund um den antarktischen Kontinent. Hierbei zeigt sich, dass ein Großteil des vorhandenen Meereises sich in drei großen Wirbeln bewegt, die um die Antarktis angeordnet sind. Diese Wirbel werden von den drei vorherrschenden Tiefdrucksystemen angetrieben, um die herum sich das Eis aufgrund der Corioliskraft auf der Südhalbkugel langsam im Uhrzeigersinn bewegt (vgl. Abb. 5.4-2). Das stärkste dieser vorherrschenden Tiefdrucksysteme ist das Tiefdruckgebiet über der Amundsensee und dem Rossmeer, in der Abbildung mit ASL (Amundsen Sea Low) bezeichnet.

Als Folge dieser großskaligen Wirbelbewegungen und aufgrund ablandigen Windes entfernt sich das Meereis entlang großer Teile der antarktischen Kontinentalgrenze vom Kontinent, wodurch sich entlang des Kontinentalsaums selbst im tiefsten Winter offene Wasserflächen bilden können, die sogenannten Polynien. In diesen windgetriebenen Polynien ist das vergleichsweise warme Meerwasser in direktem Kontakt mit der darüber liegenden sehr kalten Luft, die vom Kontinent her das Schelfeis herab über das Meer

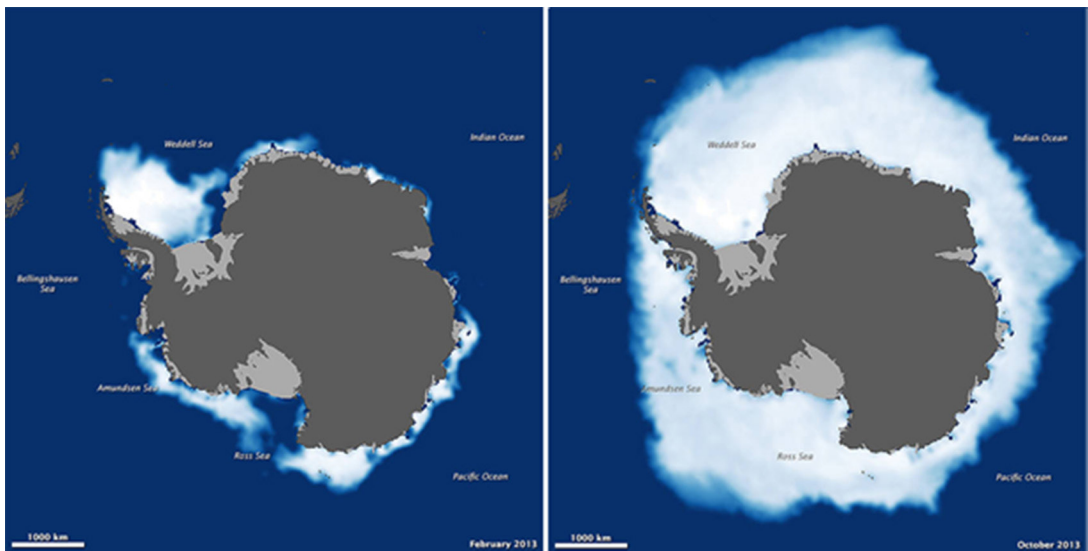


Abb. 5.4-1: Beispielhafte Verteilung von Meereis um die Antarktis zum Zeitpunkt (a) des sommerlichen Minimums im Februar 2013 und (b) des winterlichen Maximums im Oktober 2013 (Quelle: NASA).

strömt. Der Ozean verliert daher hier sehr viel Wärme, wodurch sich große Mengen an Eiskristallen, sogenanntem Frazil Ice, bilden können, die im nächsten Abschnitt noch näher behandelt werden.

Neben diesen windgetriebenen Polynien gibt es im Meereis des südlichen Ozeans in manchen Jahren auch auf offener See Polynien, die durch warmes, an die Oberfläche steigendes Meerwasser aufrechterhalten werden. Als bekannteste dieser Polynien gilt zweifelsohne die Polynia im Weddellmeer, die sich vor allem in den 1970er Jahren in sehr deutlicher Ausprägung gebildet hatte und über mehrere Winter hinweg auf einer Fläche von über 300.000 km² die Bildung von Meereis verhinderte. Die genauen Ursachen für diese Polynia sind noch nicht vollständig verstanden, wobei neuere Studien die vorhandene Topographie des Meeresbodens und das Auftreten bestimmter Windmuster als wahrscheinlichste Erklärung erscheinen lassen.

Eistypen

Nach diesem Überblick über die wichtigsten Unterschiede zwischen der großräumigen Verteilung von Meereis in der Arktis und in der Antarktis wenden wir uns nun den Unterschieden in den vorherrschenden Eistypen der beiden Polargebiete zu. Dabei zeigt sich, dass in der Arktis der bei weitem größte Teil des vorhandenen

Meereis aus sogenanntem »columnar ice« besteht, worunter man Eis versteht, dass sich durch das Wachsen von vorhandenem Eis an seiner Unterseite gebildet hat. Dieser Eistyp besteht aus regelmäßig, quasi säulenförmig (»columnar«) angeordneten Eiskristallen aus fast reinem Süßwassereis, zwischen denen sich in mehr oder weniger miteinander verbundenen Hohlräumen Salzsole befindet. Diese Salzsole bildet sich dadurch, dass beim Gefrieren von Meereis nur das reine Süßwasser gefriert, sodass das im Meerwasser vorhandene Salz immer stärker konzentriert wird. Die sich dabei bildende Salzsole bleibt teilweise im Meereis, teilweise fließt sie auch, wie in Kapitel 5.1 beschrieben, langsam aus dem Eis heraus. Hierdurch nimmt der Salzgehalt des Eises langsam ab, sodass insbesondere Eis, das mehrere Sommer überdauert hat, nur noch einen kleinen Teil des ursprünglich im Wasser enthaltenen Salzes enthält.

In der Antarktis hingegen macht der beschriebene Eistyp nur einen kleineren Teil des vorhandenen Eises aus, ein großer Teil des Eises besteht hingegen aus sogenanntem Frazil Ice. Dieser englische Ausdruck bezeichnet kleine Eisstäbchen oder Eisplättchen, die sich im offenen Wasser bilden und dann im Laufe der Zeit langsam zusammenfrieren. Auch hierbei wird Meerwasser zwischen den Kristallen eingebettet und das darin verbliebene Salz immer stärker konzentriert, jedoch ist die Kristallstruktur der zusammengefrorenen einzelnen Eiskristalle deutlich ungeordneter als im columnar ice. Die große Menge an vorhandenem Frazilis im antarktischen Meereis ist ein eindeutiges Zeichen dafür, dass ein großer Teil des vorhandenen Meereises in offenem Wasser gebildet worden ist, und nicht, wie in der Arktis, durch das Gefrieren von Meerwasser an der Unterseite von vorhandenem Eis. Hierfür gibt es zwei Hauptgründe: Zum einen wird, wie soeben beschrieben, ein großer Teil der Eisplättchen in den Polynien gebildet, die sich im Winter aufgrund der vorherrschenden Windverhältnisse entlang der gesamten antarktischen Küste bilden. Zum anderen sind aufgrund der geographischen Verhältnisse die Wellen des Südpolarmeeres im Mittel deutlich höher als jene in der Arktis, sodass es auch bei vorhandenem Eis lange dauert, bis sich tatsächlich eine geschlossene Eisdecke bildet, bei der dann der größte Teil des Wachstums an der Eisunterseite stattfindet.

Ein weiterer wichtiger Eistyp, der in der Arktis kaum, aber in der Antarktis weit verbreitet auftritt, ist das sogenannte Schnee-Eis. Dieses Eis bildet sich, wenn die auf dem Eis liegende Schneelast so groß geworden ist, dass die Oberseite des Eises unter den Meeresspiegel gedrückt wird und Meerwasser in den Schnee strömen kann. Dieses Einströmen von Meerwasser in den Schnee geschieht dabei zum einen durch die Solekanäle des Eises, zum anderen über die Ränder

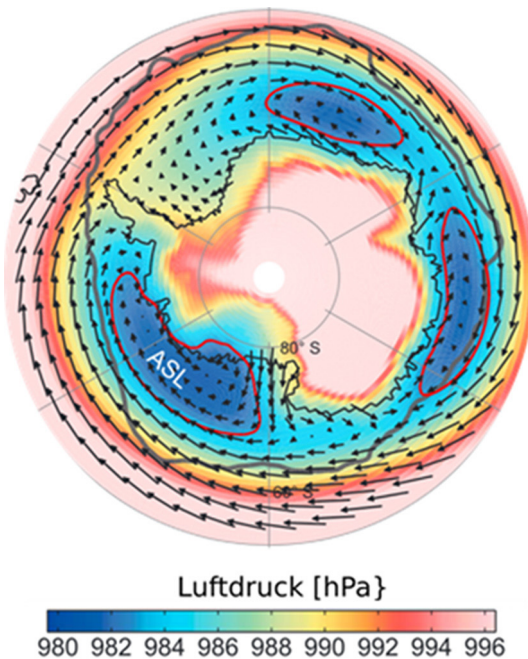


Abb. 5.4-2: Mittlerer Bodenluftdruck um die Antarktis (Farbskalierung) sowie daraus resultierende mittlere Windrichtung und Windgeschwindigkeit in Bodennähe (Pfeile) (Daten: ERA-Interim Reanalyse 1979-2011, Originalabbildung: Haumann et al., *Geophys. Res. Lett.* (41), 8429-8437, 2014).

einzelner Eisschollen. Durch das Einströmen des Meerwassers in den Schnee bildet sich zunächst Schneeschlamm, eine salzige Mischung aus Meerwasser und Schnee. Bei ausreichend niedriger Temperatur gefriert dieser Schneeschlamm langsam, bis er schließlich das sogenannte Schnee-Eis bildet.

Eine Betrachtung der vorherrschenden Dichten der verschiedenen Medien ergibt eine grobe Abschätzung dafür, unter welchen Bedingungen sich Schnee-Eis bilden kann. Für eine einfache Abschätzung kann man dabei annehmen, dass das Wasser eine Dichte von etwas über 1.000 kg/m^3 hat, das Meereis etwa eine Dichte von 900 kg/m^3 und der Schnee im Mittel eine Dichte von etwa 300 kg/m^3 . Diese Zahlen ergeben, dass sich im hydrostatischen Gleichgewicht Schneeeis dann bildet, wenn die Schneedicke etwa ein Drittel der Eisdicke beträgt. Zieht man dies in Betracht, so sind zwei Bedingungen für das Auftreten von Schnee-Eis in der Antarktis günstig: Zum einen ist, wie beschrieben, die mittlere Eisdicke in der Antarktis deutlich kleiner als die Eisdicke in der Arktis, zum anderen ist die mittlere Niederschlagsmenge vergleichsweise hoch. Dies führt dazu, dass in manchen Teilen der Antarktis bis zu 40% des vorhandenen Meereises aus Schnee-Eis bestehen, wie sich durch eine Analyse der Textur und der Isotopenverteilung im Eis feststellen lässt.

Ein dritter recht ungewöhnlicher Eistyp in der Antarktis ist das sogenannte platelet ice, das in der Arktis überhaupt nicht auftritt. Dieser Eistyp besteht aus bis zu handtellergroßen Eiskristallen, die sich unterhalb vorhandenen Meereises anlagern. Diese Kristalle bilden sich nicht wie alle bisher beschriebenen Eistypen in der Nähe der Oberfläche, sondern vor allem in größeren Tiefen unterhalb von Schelfeis. Diese großen Eiskristalle bilden sich dabei in Meerwasser, das eine Temperatur unterhalb seines eigentlichen Gefrierpunktes besitzt. Für die Bildung von solchem Wasser sind die Bedingungen unter dem Schelfeis deswegen günstig, weil der Gefrierpunkt des Wassers durch hohen Druck zu immer niedrigeren Temperaturen verschoben wird. An der tiefsten Stelle des Schelfeises kann so in mehreren hundert Metern Tiefe die Temperatur des Wassers auf unter $-2 \text{ }^\circ\text{C}$ absinken, ohne dass das Wasser gefriert. Strömt dieses Wasser dann anschließend entlang der Unterseite des Schelfeises wieder nach oben, so lässt der Druck auf das Wasser langsam nach, der Gefrierpunkt steigt, und die Temperatur des Wassers liegt irgendwann unterhalb seines Gefrierpunktes. An Kristallisationskeimen im Wasser bilden sich dann schlagartig die großen Eiskristalle des Platelet-Eises. Diese lagern sich teilweise unter dem Schelfeis an, treiben aber teilweise auch immer weiter nach oben, bis sie auf die Unterseite von Meereis treffen und sich dort ansammeln.

Entwicklung in den letzten 30 Jahren

Nach dieser Beschreibung der Eigenschaften von antarktischem Meereis werfen wir nun einen Blick auf seine zeitliche Entwicklung. Dabei zeigt sich, dass die Ausdehnung des Meereises in der Antarktis in den letzten Jahren langsam zugenommen hat, ganz im Gegensatz zur in Kapitel 5.3 beschriebenen Entwicklung in der Arktis (vgl. *Abb. 5.4-3*). Unklar ist jedoch bislang, ob die leichte Zunahme des antarktischen Meereises statistisch signifikant ist, oder in den Bereich natürlicher Schwankungen fällt. Eine Schwierigkeit bei entsprechenden Untersuchungen liegt dabei darin, dass es nur unzureichende Kenntnisse der langfristigen Entwicklung des Meereises im Südpolarmeer gibt, sodass es nicht möglich ist, die beobachteten Veränderungen rein aus Beobachtungsdaten in eine historische Perspektive zu bringen. Auch Modellsimulationen lassen nur ungenaue Rückschlüsse auf die Signifikanz der Eiszunahme zu, weil nahezu alle existierenden Klimamodelle die Entwicklung für die vergangenen Jahrzehnte nicht nachvollziehen können, sondern eher eine Abnahme des Meereises simulieren.

Einen wichtigen Unterschied zwischen der Eisveränderung in der Arktis und in der Antarktis über die letzten Jahrzehnte bilden zusätzlich die räumlichen Verteilungen der jeweiligen Trends. In der Arktis nimmt das Eis in der gesamten Arktis ab, wohingegen in der Antarktis in größeren Gebieten entweder eine Zunahme oder eine Abnahme des Eises stattfindet. Dabei hat die Eisbedeckung in der Bellingshausen- und in der Amundsensee langsam abgenommen, wohingegen sie insbesondere im Rossmeer stark zugenommen hat. Dieser positive Trend des Meereises im Rossmeer dominiert die Gesamtentwicklung des antarktischen Meereises in den letzten Jahrzehnten, was die Zunahme der Gesamtfläche des Eises erklärt (*Abb. 5.4-4*).

Um diese räumliche Verteilung der Trends im antarktischen Meereis besser zu verstehen, um Unterschiede zwischen Simulationen und Beobachtungen zu untersuchen, und auch um die möglichen Hintergründe der beobachteten Zunahme besser einordnen zu können, ist eine Unterscheidung zwischen atmosphärischen und ozeanischen Einflussfaktoren hilfreich, der wir uns jetzt zuwenden.

Atmosphärische Einflussfaktoren

Wie im ersten Abschnitt beschrieben wird die großräumige Verteilung von Meereis im Südpolarmeer entscheidend von den vorherrschenden Zirkulationsmustern in der Atmosphäre geprägt. Dies liegt daran, dass der Südliche Ozean nach Norden hin geöffnet ist und das Eis frei nordwärts treiben kann. Die Ausbreitung des Eises hängt damit vor allem von seiner Strömungsgeschwindigkeit

und -richtung ab, welche wiederum in erster Linie von den jeweiligen Windsystemen bestimmt werden.

Betrachten wir die Veränderungen des Meereises im Rossmeer, die ja die großräumige Entwicklung dominieren, so ergibt sich ein sehr deutlicher Zusammenhang mit Veränderungen in den vorherrschenden Winden um das lokal dominierende Tiefdruckgebiet herum. Dieses Tiefdruckgebiet hat sich in den letzten Jahren deutlich vertieft, was zu einer Zunahme der Winde um das Zentrum des Tiefdruckgebietes geführt hat. Die verstärkten Winde auf der dem Rossmeer zugewandten Seite des Tiefdrucksystems treiben dabei das Meereis weiter auf den offenen Ozean hinaus, was vermutlich ein Hauptgrund für die beobachtete Zunahme des Meereises ist (Abb. 5.4-4). Die leichte Abnahme der Meereisausdehnung auf der entgegengesetzten Seite des Tiefdrucksystems kann diese Zunahme bei weitem nicht ausgleichen, weil hier die freie Bewegung des Eises durch den antarktischen Kontinent behindert wird.

Unklar ist noch, warum sich das Tiefdruckgebiet über der Amundsensee und dem Rossmeer in den letzten Jahrzehnten soweit vertieft hat. Modellsimulationen zeigen, dass sich die stärkste Verringerung des Luftdrucks um die Antarktis dann ergibt, wenn das Modell sowohl die verringerte Ozonkonzentration über der Antarktis wie auch den globalen Anstieg von Treibhausgasen berücksichtigt. Allerdings ist nach wie vor unklar, inwiefern diese Ergebnisse auf die Wirklichkeit übertragbar sind. Dies liegt daran, dass die Modellsimulationen häufig nicht die beobachtete lokal begrenzte Abnahme des Luftdrucks ergeben, sondern eher eine zonal sehr gleichmäßige Abnahme des Luft-

drucks um die gesamte Antarktis herum, wodurch sich die großskaligen Driftmuster des Meereises nur wenig verändern. Als Hauptgrund für die entsprechenden Schwächen der Klimasimulationen wird im Moment die mangelnde räumliche Auflösung der Modelle vermutet, die insbesondere die ablandigen Winde und die komplexe Topographie des antarktischen Kontinents nicht realistisch genug wiedergeben können.

Ozeanische Einflussfaktoren

Der soeben beschriebene Windantrieb erklärt zwar wahrscheinlich einen Großteil der beobachteten Zunahme des antarktischen Meereises, reicht aber nicht zur Erklärung aller beobachteten Veränderungen aus. In manchen Teilen um die Antarktis, insbesondere im Weddellmeer, zeigen sich nämlich Veränderungen in der Eisbedeckung, die nach derzeitigem Kenntnisstand unabhängig von den Veränderungen der Windsysteme ablaufen. Als weitere Erklärung für die regionale Zunahme des antarktischen Meereises wurden daher Änderungen in den ozeanischen Strömungsmustern ins Spiel gebracht.

Diese Idee fußt auf der Tatsache, dass, wie beschrieben, der bei weitem größte Teil des Eisverlustes im Sommer an der Unterseite des antarktischen Meereises stattfindet. Dieser Eisverlust ist dabei umso stärker, je mehr Wärme der Ozean an die Unterseite des Eises zuführen kann, was insbesondere in Gebieten mit tiefer Konvektion der Fall ist, da hierdurch warmes Wasser an die Oberfläche geführt wird. Als mögliche Erklärung für die beobachtete Zunahme des Eises wird daher auch die Möglichkeit erörtert, dass diese Kon-

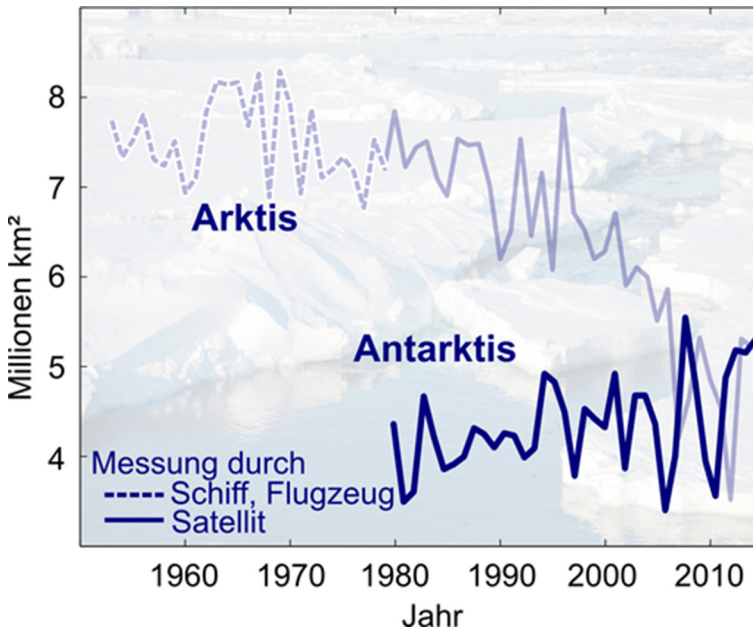


Abb. 5.4-3: Entwicklung der sommerlichen Meereisausdehnung in der Antarktis im Vergleich zur Entwicklung in der Arktis (Datenquelle: NSIDC, Graphik: D. Notz)

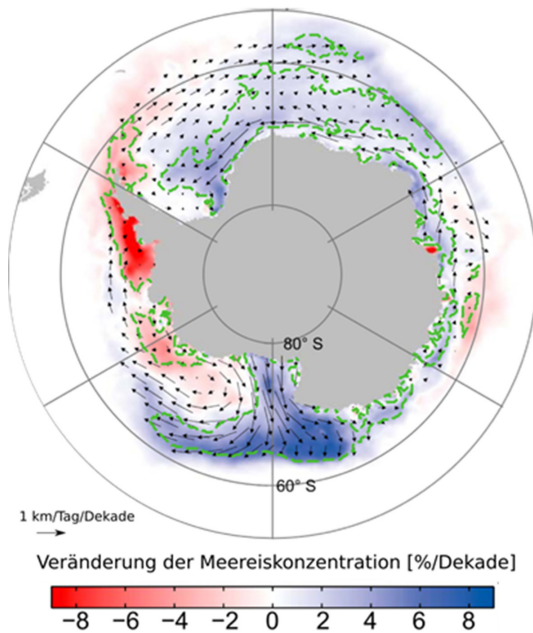


Abb. 5.4-4: Veränderung in der Meereiskonzentration (Farbschattierung) und der Geschwindigkeit des Meereises (Pfeile) im Zeitraum 1979-2011 (Originalabbildung: Haumann et al., ebd.).

vektion in den letzten Jahren teilweise schwächer geworden ist, weil durch erhöhten Niederschlag vermehrt Süßwasser in die obersten Schichten des Ozeans gelangt ist. Dieses Süßwasser verringert die Dichte des oberflächennahen Wassers sehr effektiv und kann damit verhindern, dass dieses Wasser in die Tiefe sinken und durch wärmeres Wasser ersetzt werden kann. In der Summe würde dies ein langsames Auflösen des Eises und damit insgesamt eine Zunahme der Eisausdehnung verursachen.

Leider sind gerade im Südpolarmeer und in der Antarktis die Beobachtungsdaten noch so lückenhaft und entsprechende Zeitreihen so kurz, dass sich nicht einschätzen lässt, wie realistisch dieses Szenario ist. Abschätzungen von Niederschlagsveränderungen mittels großskaliger Klimamodelle sind ebenfalls mit großen Unsicherheiten behaftet und erlauben es daher kaum, entsprechend für Klarheit zu sorgen. Für die Zukunft wäre damit vor allem wünschenswert, dass in der Antarktis ein deutlich engmaschigeres Beobachtungsnetzwerk aufgebaut wird, um die kurz- und langfristigen Veränderungen im Klimasystem der Antarktis besser verstehen und einschätzen zu können, insbesondere in Anbetracht der Tatsache, dass heutige Modelle

die Entwicklung des antarktischen Meereises deutlich schlechter wiedergeben können als die Entwicklung des Meereises in der Arktis.

Fazit

Wie wir gesehen haben, unterscheidet sich antarktisches Meereis in einer Vielzahl von Aspekten von dem Meereis der Arktis. So ergibt sich zum Beispiel im Südpolarmeer aufgrund der geographischen Begebenheiten sowohl ein deutlich größerer Jahresgang als auch eine völlig unterschiedliche Verteilung der vorherrschenden Eistypen. Auch erlauben es die geographischen Begebenheiten und die dominierende Rolle des Windes, dass sich das Meereis in der Antarktis in den vergangenen Jahrzehnten trotz (oder möglicherweise sogar wegen) der globalen Klimaerwärmung leicht ausgedehnt hat.

Auch wenn wir beim Verständnis dieser Eigenschaften des Meereises im Südpolarmeer, wie auch beim Verständnis seiner Veränderungen in einem sich wandelnden Klima, in den letzten Jahren erhebliche Fortschritte gemacht haben, bleiben insgesamt noch viele Fragen offen, und es ist unklar, ob die bisher gefundenen Antworten tatsächlich ein hinreichend genaues Bild des antarktischen Meereises zeichnen. Diese Unsicherheiten sind dabei insbesondere der Tatsache geschuldet, dass die Antarktis logistisch sehr viel schwieriger zu erreichen ist und damit deutlich weniger Feldmessungen vorliegen, als dies für die Arktis der Fall ist. Wir haben daher nur einen sehr lückenhaften Datensatz zur Verfügung, aufgrund dessen wir versuchen, das Verhalten des Meereises im Südpolarmeer zu verstehen. Eine besondere Schwierigkeit wird dabei dadurch verursacht, dass auch unser Verständnis der Funktionsweise des Südpolarmeeres mit all seinen kleinskaligen Wirbeln und komplexen Wassermassen äußerst lückenhaft ist. Dieses unzureichende Verständnis schlägt sich direkt in der Qualität der existierenden Simulationen der Meereisentwicklung wider. Es ist damit im Moment noch unsicher, inwieweit die Simulationen zur zukünftigen Entwicklung des antarktischen Meereises glaubwürdig sind, die im Laufe dieses Jahrhunderts eine langsame Abnahme des Meereises sowohl im Sommer als auch im Winter prognostizieren. Hier werden hoffentlich in Zukunft verbesserte Modellsimulationen und umfangreichere Feldmessungen mehr Klarheit bringen.

Kontakt:

Dr. Dirk Notz
Max Planck Institut für Meteorologie, Hamburg
dirk.notz@mpimet.mpg.de

Notz, D. (2015): Das Meereis in der Antarktis. In: Lozán, J. L., H. Grassl, D. Kasang, D. Notz & H. Escher-Vetter (Hrsg.). Warnsignal Klima: Das Eis der Erde. pp. 204-209. Online: www.klima-warnsignale.uni-hamburg.de. doi:10.2312/warnsignal.klima.eis-der-erde.31