

# Warmes Wasser und Eisschmelze bei Grönland

Manfred Stein (Hamburg)



**L**angzeitserien ozeanographischer Messungen vor Südwestgrönland, die im Rahmen der Fischereiforschung vorgenommen werden, können auch für die Klimaforschung wichtige Informationen liefern. Auf einer internationalen Tiefwasser-Station mit einer Wassertiefe von 3000 Metern werden seit mehr als 20 Jahren regelmäßig Temperatur- und Salzgehaltsprofile gemessen. Die Daten zeigen signifikante Erwärmungstrends in den oberen 700 Metern der Wassersäule. Das Bodenwasser der Tiefwasser-Station wird von einem Wasserkörper ausgefüllt, der aus dem Nordpolarmeer stammt. Das Abschmelzen des Packeises im Nordpolarmeer dokumentiert sich im abnehmenden Salzgehalt des Bodenwassers.

Seit 1963 fahren das Fischereiforschungsschiff „Walther Herwig III“ bzw. seine Vorgängerschiffe jedes Jahr im Herbst in die Gewässer vor Ost- und Westgrönland, um die grönländischen Kabeljaubestände zu untersuchen. 1983 begann die Bundesforschungsanstalt für Fischerei, die klimatischen Veränderungen im Ozean an einer internationalen Tiefwasser-Station (>3000 m) vor Westgrönland jährlich zu erfassen (Abb. 1 und 2). Die Messungen werden mit einer elektronischen Sonde durchgeführt, die an einem Einleiterkabel (Abb. 3) von der Meeresoberfläche bis zum Meeresboden gefiert wird. Die Sonde misst während des Absinkvorganges kontinuierlich Druck, Temperatur, Leitfähigkeit und Sauerstoffgehalt des Meerwassers und sendet diese Daten über das Einleiterkabel an Bord des Schiffes.

Das Klima im Ozean wird an dieser Station im Wesentlichen durch Advektion (horizontales Heranführen von Wasser)

bestimmt. Der Westgrönland-Strom transportiert relativ warmes Wasser in die ozeanische Deckschicht. Im Herbst erreicht die Erwärmung des Stromsystems die höchsten Werte. Dabei hat sich das Wasser in den Jahren 2003 und 2004 im Bereich der obersten 500 Meter auf über 6,5°C erwärmt (Abb. 2). Die mittleren Temperaturen der Wasserschichten 0–300 Meter und 0–700 Meter haben sich seit 1983 – damals litt Grönland unter den extrem kalten Wintern 1983/1984 und 1984/1985 – signifikant erwärmt, und zwar um 0,09°C/Jahr in den obersten 300 Metern und um 0,05°C/Jahr in den obersten 700 Metern (Abb. 4). Im Vergleich zu Erwärmungsszenarien für den Nordatlantik, die für den Zeitraum 1955–2003 die Werte 0,007°C/Jahr bzw. 0,006°C/Jahr ergeben (also rund eine Zehnerpotenz weniger), scheinen diese Werte Besorgnis erregend hoch. Hierbei handelt es sich einerseits um ein großskaliges Problem – die

großräumige Erwärmung des Nordatlantischen Subpolaren Wasserwirbels (siehe Abb. 1) – andererseits spielt bei dem Vergleich der Erwärmungstrends die Historie der Klimazeitreihe eine wesentliche Rolle. Unsere Messungen entstammen einem Zeitraum, der mit extrem kalten Jahren begann und über warme Zeiträume in die sehr warmen Verhältnisse der Zeit nach 1996 überging. In dieser Zeitreihe gibt es also nur einen Trend, der aufwärts gerichtet ist. Die Langzeitserie vom Nordatlantik (1955–2003) umfasst die warmen 1950er und 1960er, die kalten 1970er, 1980er und frühen 1990er, und die daran anschließenden warmen und sehr warmen Perioden der Mitt-1990er und 2000er. Diese Zeitreihe beinhaltet zwei gegenläufige Trends, zunächst Abkühlung, anschließend Erwärmung. Damit wird der lineare Trend über die Gesamtzeitreihe „flacher“.

Während das zweite Problem ein rein technisches ist, zeigen die Untersuchungen über die Temperaturentwicklungen an der Meeresoberfläche bei Grönland, dass sich die Erwärmung des Subpolaren Wasserwirbels weiterhin fortsetzt. Der Subpolare Wirbel hat sich in den letzten Jahren in Verbindung mit bestimmten Phasen des nordatlantischen atmosphärischen Drucksystems, der Nordatlantischen Oszillation, abgeschwächt. Während die Nordatlantische Oszillation in den 1990ern zweimal die Phase gewechselt hat – von einer extrem positiven Phase 1995 zu einer ex-

trem negativen 1996 und zurück zu einer extrem positiven Phase 1999 – hat sich der Subpolare Wirbel weiterhin abgeschwächt. Ob dieser Trend Teil eines natürlichen Zyklus ist oder das Ergebnis anderer Faktoren, die mit der globalen Erwärmung zusammenhängen, ist unbekannt.

## Wärmeaustausch beeinflusst Meeresströmungen

Bislang nahm man an, dass die Winde, die aus der Nordatlantischen Oszillation resultieren, die Strömungen des Subpolaren Wirbels beeinflussen. Nach kalten Wintern in der Labrador-See kühlt das Wasser im Subpolaren Wirbel ab, sinkt nach unten und fließt langsam zum Äquator zurück. Dieser Vorgang reagiert empfindlich auf die Zugbahnen der Winterstürme und das an der Meeresoberfläche schwimmende, weniger salzhaltige Wasser von Eisschmelze und Niederschlägen.

Der Wärmeaustausch zwischen Ozean und Atmosphäre scheint allerdings nach neueren Untersuchungen eine größere Rolle in der Abschwächung des Subpolaren Wirbels zu spielen als bisher angenommen. Satellitendaten zeigen, dass sich das Wasser im Kern des Labrador-See-Wirbels in den 1990ern erwärmt hat. Diese Erwärmung verringert den Temperaturunterschied zu den Wassermassen aus südlichen Breiten (rote Strömung in Abb. 1) und reduziert damit auch die antreibende Kraft der Ozeanzirkulation, die sich aus den unterschiedlichen Temperaturen der Wassermassen eines Gebiets speist – möglicherweise mit Folgen für das gesamte Klimasystem.

Der Ozeanograph Peter Rhines von der Washington Universität, Seattle (USA), beschreibt dies besonders anschaulich: „Die Subpolare Zone der Erde ist ein Schlüsselgebiet, um Klima zu studieren. Es ist so etwas wie ein Hauptbahnhof, da viele der ozeanischen Hauptwassermassen durch dieses Gebiet strömen, aus der Arktis und aus wärmeren Gegenden. Computermodelle haben gezeigt, dass Abnahme und Beschleunigung des Subpolaren Wirbels die gesamte ozeanische Zirkulation beeinflussen können.“

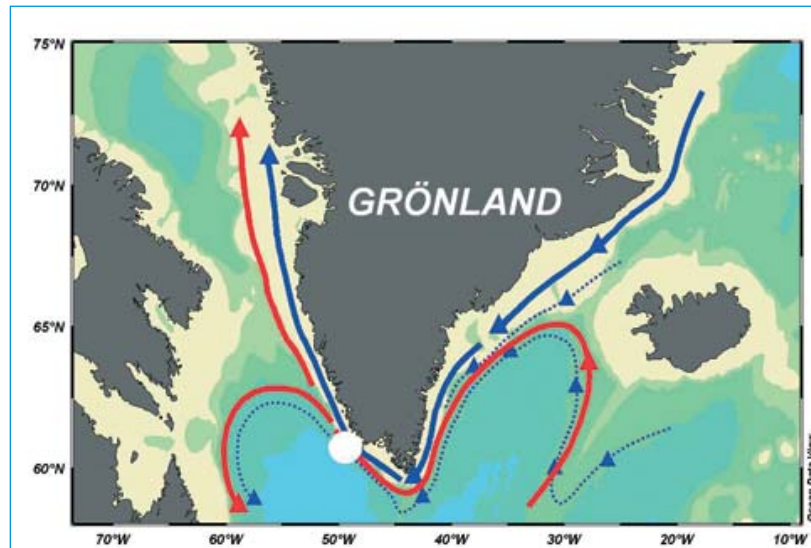


Abb. 1: Oberflächen- und Tiefenströmungen vor Ost- und Westgrönland. Die fett gezeichneten roten (warm) Strömungen beeinflussen das Oberflächenwasser an der Tiefwasser-Station (weißer Kreis). Die gepunktet blau gezeichneten entstammen dem Tiefenwasser des polaren Ozeans, überströmen den Grönland-Island-Schottland Rücken und bewegen sich am Fuß der Kontinentalsockel (> 2.000 m) nach Süden. Im „untersten Stockwerk“ der Wassersäule vor Westgrönland (2.800–3.000 m) tritt dieses sog. „Overflow“-Wasser in Erscheinung. Die fett gezeichneten blauen (kalt) Strömungen beeinflussen das Oberflächenwasser auf dem Schelf östlich der Tiefwasser-Station. Die gezeigten Strömungen sind Teil des Subpolaren Wasserwirbels.

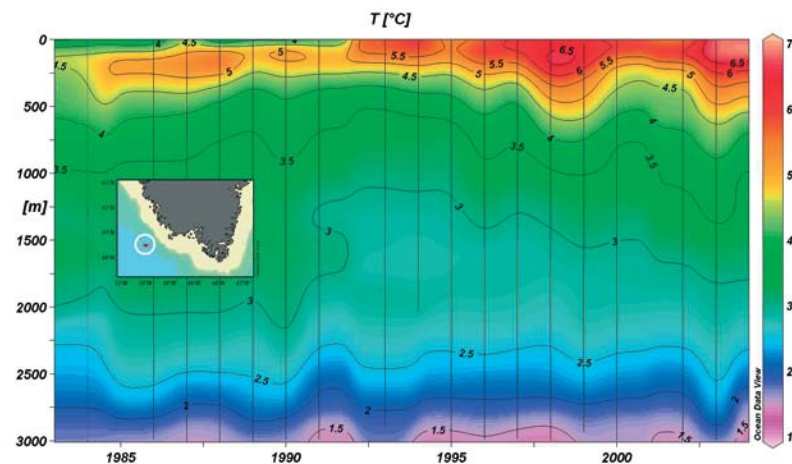


Abb. 2: Langzeittemperaturbeobachtungen (1983–2004) an der Tiefwasser-Station „Kap Desolation 3“: In den obersten 500 m ist das warme Wasser des Westgrönland-Stromes erkennbar. Darunter befindet sich das Labrador-See-Wasser (> 2.000 m), gefolgt von dem Nordatlantischen Tiefenwasser. Der Temperaturbereich unterhalb 2 °C (etwa 2.800–3.000 m) markiert den Bereich des „Overflow“-Wassers.

## Der Salzgehalt nimmt ab

Unterhalb von etwa 2.800 m findet man an der Tiefwasser-Station das so genannte „Overflow“-Wasser, welches aus dem polaren Ozean nördlich des Rückensystems Grönland-Island-Schottland stammt. Eine

deutliche Temperaturabnahme auf weniger als 2 °C markiert diesen Bereich (Abb. 2). Der Salzgehalt dieses Wasserkörpers zeigt über den Beobachtungszeitraum der letzten 20 Jahre (1983–2004) eine hochsignifikante Abnahme (Abb. 5).

Am Beispiel des Skalenbereichs der Abbildung 5 erkennt man, mit welcher Präzi-

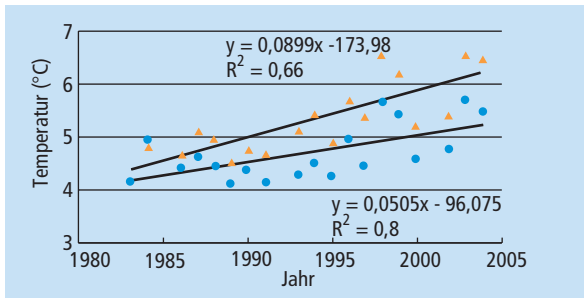


Abb. 4: Mittlere Temperaturen für die Tiefenbereiche 0–300 m (orange Dreiecke) und 0–700 m (grüne Kreise) an der Tiefwasser-Station „Kap Desolation 3“ im Zeitraum 1983–2004. Der lineare Trend ist hochsignifikant.

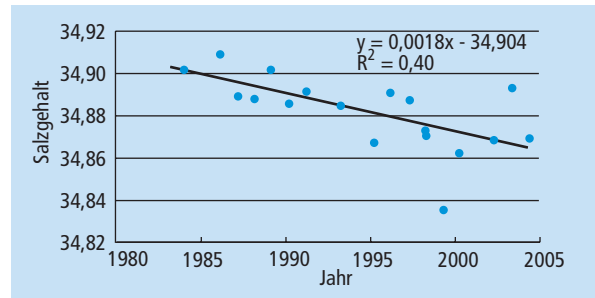


Abb. 5: Salzgehalt in 2.950 m Tiefe an der Tiefwasser-Station „Kap Desolation 3“ im Zeitraum 1983–2004. Der lineare Trend ist hochsignifikant.

sion der Salzgehalt im Meerwasser gemessen werden muss, um aussagefähige Daten zu erhalten. Hohe Sauerstoffwerte in diesem Wasser deuten darauf hin, dass diese Wassermasse aus dem Meeresoberflächenbereich hoher nördlicher Breiten stammt. Einige Autoren vertreten die Ansicht, dass dieses Wasser – aus dem Bereich der Grönland-See (bei Nordostgrön-

land) kommend – etwa 100 Tage benötigt, um aus seinem Entstehungsgebiet in die Labrador-See und damit an den Ort der Tiefwasser-Station zu kommen (vgl. Abb. 1).

Der Trend zur Abnahme des Salzgehalts in 2.950 m Tiefe vor Südwestgrönland deutet darauf hin, dass das Oberflächenwasser vor Nordostgrönland langsam an

Salz verliert. Parallel dazu belegen meteorologische Daten, dass die Oberflächentemperatur in der Arktis in den vergangenen 56 Jahren um 1,6 °C angestiegen ist. Temperaturmessungen des Alfred-Wegener-Instituts in verschiedenen Meerestiefen zwischen Grönland und Spitzbergen zeigen seit 1990 eine Erwärmung des Westspitzbergen-Stroms, der warmes Atlantikwasser in das Nordpolarmeer führt. Im Sommer 2004 waren die oberen 500 Meter des Nordpolarmeeres bis zu 0,6 °C wärmer als im Vorjahr, und die Erwärmung war bis in Tiefen von 2.000 Metern nachweisbar. Der Einstrom wärmeren Wassers in das Nordpolarmeer hat Einfluss auf das Meereis. Satellitenaufnahmen aus dem Jahr 2004 zeigen im Bereich zwischen Grönland und Spitzbergen deutlich weniger Meereis als in den beiden Jahren zuvor.

Das vermehrte Abschmelzen von Meereis im Nordpolarmeer verringert den Salzgehalt im Oberflächenwasser dieser Region. Unsere Daten von Südwestgrönland deuten an, dass die Salzgehaltserniedrigung bereits Mitte der 1980er begann. ■



Dipl.-Oz. Manfred Stein, Bundesforschungsanstalt für Fischerei, Institut für Seefischerei, Palmaille 9, 22767 Hamburg.

E-mail: [manfred.stein@ish.bfa-fisch.de](mailto:manfred.stein@ish.bfa-fisch.de)



Abb. 3: Die Seabird-Sonde wird mit dem Einleiterkabel der „Walther Herwig III“ in die Meeresoberfläche gesenkt, um anschließend mit einer Fiergeschwindigkeit von 1 m/s bis zum Meeresboden gefahren zu werden.