

# **Veränderlichkeit des Nordatlantischen Stroms und Vorhersagbarkeit von Variabilität im Europäischen Nordmeer und im Nordpolarmeer.**

**Endbericht 2000**

**Förderkennzeichen: 01LA9823/7**

**Ausf.-Stelle: Stiftung Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung**

**Projektleiter: Dr. Rüdiger Gerdes**

**Ausführung: Dr. Frank Kauker**

**Weitere Mitarbeiter: Dr. Michael Karcher und Cornelia Köberle**

## **1 Einleitung**

Ein Teil des Nordatlantischen Stroms (NAC) dringt zwischen Island und Schottland in das Europäische Nordmeer ein und setzt sich als Norwegischer Strom nach Norden fort [1]. Der Norwegische Strom teilt sich in einen in der Grönlandsee rezirkulierenden Zweig, sowie zwei in das Nordpolarmeer eindringende Teile, den Framstraßenast und den Barentsseeast. Der NAC ist durch den Eintrag von Wasser atlantischen Ursprungs die wesentliche ozeanische Wärme- und Salzquelle für Nordpolarmeer und Europäisches Nordmeer und beeinflusst vermutlich entscheidend die Produktion von dichtem Wasser in den arktischen Schelfgebieten und der Grönlandsee [2].

Das als sogenanntes BSBW (Barents Sea Branch Water) über den Barentseeschelf einströmende atlantische Wasser bestimmt zusammen mit dem kontinentalen Süßwasserabfluß den Salzgehalt der Schelfgebiete. Hierdurch und durch den Eintrag von Wärme liefert das BSBW die Vorbedingung für die Intensität und Ausdehnung der Eisbedeckung im Eurasischen Teil des Nordpolarmeeres. Das FSBW (Fram Strait Branch Water), das durch die Framstraße eindringende atlantische Wasser, bewegt sich entlang des eurasischen Schelfhanges unterhalb von 200m Tiefe nach Osten und trifft nördlich der Karasee auf die vom Schelf abströmende kältere und salzärmere Mischung von BSBW und Festlandsabfluß [3]. BSBW und FSBW zirkulieren zyklonal im Arktischen Ozean. Der atlantische Einfluß prägt dem Nordpolarmeer zwischen 200 und 1000m Tiefe ein deutli-

ches Temperaturmaximum auf. Der Einstrom atlantischen Wassers auf den Barentsschelf zeigt starke Schwankungen im zwischenjährlichen und dekadischen Bereich mit Amplituden von bis zu  $0.6 Sv$  [4]. Die Temperaturen des in die Arktis einströmenden atlantischen Wassers variieren auf dekadischer Zeitskala sowohl im Framstraßenzweig, als auch im Barentsseezweig um bis zu  $2^{\circ}C$  [5].

Das in der Grönlandsee verbleibende Atlantische Wasser rezirkuliert südlich der Framstraße in mehreren Ästen westwärts. Dort vermischt es sich mit dem aus der Arktis ausströmenden polaren Oberflächenwasser, sowie dem aus der Arktis wiederkehrenden stark veränderten Wasser atlantischen Ursprungs. Die durch diese Wassermassen entstandene hydrographische Charakteristik des europäischen Nordmeeres bestimmt wesentlich die Eisbedeckung und die Flüsse an der Untergrenze der Atmosphäre [6].

Der Austausch zwischen subpolarem Atlantik und Europäischem Nordmeer hängt mit der Wassermassentransformation nördlich des Grönland-Schottland-Rückens zusammen. Lokale Windverhältnisse beeinflussen den Grad der Rezirkulation innerhalb des Europäischen Nordmeeres [7], während großskalige atmosphärische Bedingungen den Transport zu den Einstromregionen steuern. So intensiviert ein großer meridionaler Luftdruckgradient die Westwinddrift und damit den NAC. Die langfristige Veränderlichkeit des atmosphärischen Regimes im Nordatlantischen Raum wird als Nordatlantische Oszillation (NAO) bezeichnet. Eine Maßzahl für deren Intensität ist der NAO-Index, die Luftdruckdifferenz zwischen dem Island-Tief und dem Azoren-Hoch. Der NAO-Index weist langfristige Variabilität mit Perioden von etwa 10 Jahren auf [8].

Neben der Stärke des NAC variiert auch die Oberflächentemperatur (SST) im Bereich des NAC. Temperaturanomalien konnten über einen Zeitraum von 10 Jahren entlang des NAC-Pfades verfolgt werden [9]. Große Kohärenz und Persistenz der winterlichen SST Anomalien auf dem gesamten Weg von Florida bis Schottland deuten auf eine große Eindringtiefe der Anomalie. Die Zeitreihen der SST-Variabilität auf diesem Weg zeigen ein spektrales Maximum bei 12-14 Jahren. Die Verfolgung solcher Anomalien und eine hinreichende Kenntnis ihrer Folgen in den hohen Breiten bieten wegen der dominanten Rolle der Advektion ein großes Vorhersagepotential. Ähnlich läßt sich im Salzgehalt eine klare Beziehung zwischen dekadischen Fluktuationen im zentralen nördlichen Atlantik entlang des Weges des NAC bis vor die norwegische Küste nachweisen [10].

Es steht zu vermuten, daß Schwankungen im Volumentransport, in der Temperatur oder im Salzgehalt des NAC die Variabilität der ozeanischen Temperaturen und Salzgehalte im europäischen Nordmeer und im Nordpolarmeer beeinflussen. Vermutlich sind auch die Ausdehnung und Dicke des Meereises betroffen, was neben den Feuchte-

und Wärmeflüssen auch die Albedo der Grenzfläche verändert. Die Wärmeflüsse an der Ozean-Atmosphäre Grenzfläche haben wiederum einen deutlichen Einfluß auf den Zustand der Atmosphäre [11].

Die minimale jährliche Eisbedeckung in der Barents- und Karasee im Zeitraum von 1966-1993 zeigt starke Schwankungen auf der zwischenjährlichen Zeitskala [12]. Ebenso weist die Zeitserie der Meereisbedeckung im zentralen Nordpolarmeer langfristige Fluktuationen im Periodenbereich von 10 Jahren auf. Insgesamt nimmt die Eisbedeckung über den beobachteten Zeitraum in diesem Gebiet ab [13]. Der Eisexport aus der Arktis durch die Framstraße schwankt im Zeitraum von 1979-1985 um  $1100-3000\text{km}^3$  pro Jahr, abhängig von der Geschwindigkeit der Eisdrift, der Eisdicke und Veränderungen im Zirkulationssystem [14]. Vinje et al. [15] messen für den Zeitraum 1990-1994 einen Eisexport durch die Framstraße, der mindestens 50% über dem langjährigen Mittel zu liegen scheint. Von den arktischen Schelfen bis zur Framstraße braucht das Eis nur etwa 1-3 Jahre [16]. Es ist zu erwarten, daß Variationen im atlantischen Einstrom die Eisproduktion auf den arktischen Schelfen verändert und diese Änderungen relativ schnell die für den Eisexport aus der Framstraße zur Verfügung stehende Eismasse beeinflussen.

Die Kombination aus Eisexport und Süßwasserexport aus der Arktis, sowie Salz und Wärmeimport mit dem NAC in die Grönlandsee beeinflussen die Eisbildung und die Produktion von dichtem Wasser dort. Das Ausbleiben tiefreichender Konvektion hat in den späten 80er und frühen 90er Jahren zu einem Zusammenbruch des Grönlandseewirbels geführt [17]. Als Grund für diese Situation nennt Rudels [6] einen vermehrten Einstrom atlantischen Wassers bei verringertem Einstrom polaren Wassers.

## 2 Ziele und Methoden

Im Rahmen dieses Projekts sollte die Frage beantwortet werden, welche großräumigen Veränderungen im Europäischen Nordmeer und Nordpolarmeer durch Schwankungen des nordwärtigen Wärme- und Salztransports durch den Nordatlantischen Strom (NAC) hervorgerufen werden. Der relative Einfluß von großräumiger ozeanischer Advektion und lokaler atmosphärischer Variabilität sollte bestimmt werden. Der Zusammenhang zwischen der Variabilität des Nordatlantischen Stroms und Veränderungen im Europäischen Nordmeer/Nordpolarmeer sollte auf die Möglichkeit hin untersucht werden, aus SST Daten im Nordatlantik künftige Entwicklungen in einem Meeresgebiet vorherzusagen, das für das europäische Klima eine herausragende Rolle spielt. Die Untersuchungen leisten einen Beitrag zur Abschätzung mittelfristiger Vorhersagbarkeit von klimatischen Ent-