



Neue Zürcher Zeitung

archiv.nzz.ch

Das Zeitungsarchiv der NZZ seit 1780

Herzlich willkommen im NZZ Archiv

Die von Ihnen bestellte Seite aus dem NZZ Archiv im PDF-Format:

Neue Zürcher Zeitung vom 29.09.1982 Seite a61

NZZ_19820929_A61.pdf

Nutzungsbedingungen und Datenschutzerklärung:
archiv.nzz.ch/agb

Antworten auf häufig gestellte Fragen:
archiv.nzz.ch/faq

Kontakt:
leserservice@nzz.ch

North Water — Oase im Eismeer

Von A. Ohmura und B. Stauffer

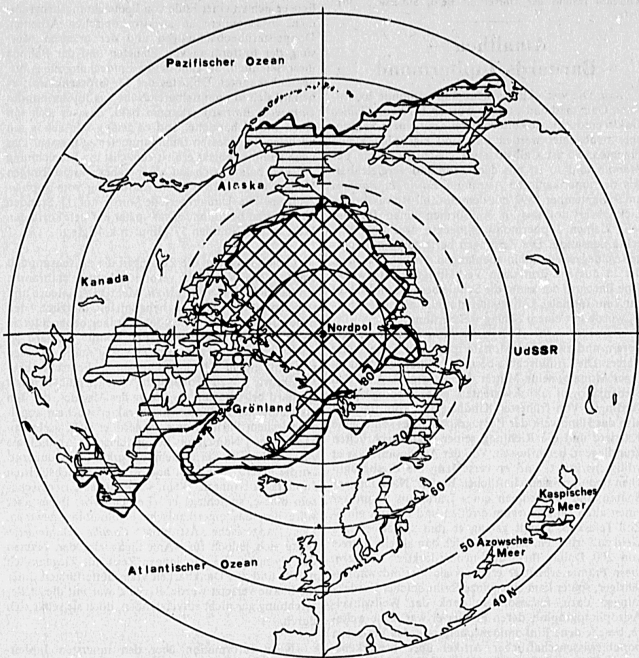


Abb. 1. Karte der Arktis. Sie zeigt die im Sommer bedeckte Meeresfläche kreuzweise schraffiert, die im Winter zusätzlich vereist einfach schraffiert. Das Gebiet des North Water zwischen Nordkanada und Nordgrönland ist mit einem kleinen offenen Kreis markiert.

Die Polargebiete unserer Erde sind grösstenteils eisbedeckt. Auf dem Festland liegen Gletscher und Eisschilde, die Mächtigkeiten von mehreren tausend Metern aufweisen können. Sie bestehen aus Süswasser, das im Verlauf von Jahrtausenden aus Niederschlägen gebildet wurde. Das Gebiet um den Südpol ist charakterisiert durch ein Festland von kontinentalem Ausmass. Der darauf liegende, bis zu 4000 m mächtige Eisschild enthält 89 Prozent des Süswasseres der Erde. Auf der nördlichen Hemisphäre sind nur die Inseln am Rande des Polarmeeres von Eisschildern bedeckt. Der grösste ist derjenige Grönlands, der 9 Prozent des Süswasseres der Erde enthält. Gletscher und Eisschilde können Eisberge ins Meer stossen, die oft mehrere hundert Meter dick sind und bis weit in gemässigte Breiten driften können, bevor sie schmelzen.

Packeis und Klima

Die Ozeane der Polargebiete sind, abgesehen von den Eisbergen, von einer Schicht Packeis bedeckt, die nur 2 bis 6 m dick ist. Packeis ist zur Hauptsache gefrorenes Meerwasser; es wird meist nur wenige Jahre alt, bevor es in niedrigere Breiten drifft und dort schmilzt. Die Eisbedeckung des nördlichen Polarmeeres und einiger anschliessender Nebenmeere erreicht im Winter eine Ausdehnung von 15 Millionen Quadratkilometern (fünftal die Fläche des Mittelmeeres) und schrumpft im Sommer auf ungefähr die Hälfte. Die Karte in Abb. 1 zeigt deutlich, dass die Eisbedeckung des Meeres nicht überall bis zur gleichen Breite vordringt. Im Winter liegt beispielsweise vor der Südspitze Grönlands in 58° nördlicher Breite Packeis, während der Hafen von Murmansk in 69° nördlicher Breite eisfrei bleibt. Bildung und Schmelzen von Meereis hängt von der Luft- und Ozeantemperatur ab. Murmansk bleibt hauptsächlich dank den Ausläufern

des Golfstromes eisfrei. Auf dem Meer schwimmendes Eis kann aber auch über weite Distanzen in Gebiete, wo kein Eis gebildet wird, transportiert werden. So können Gebiete eisbedeckt sein, ohne dass dort Eis gebildet wird; es können aber auch Gebiete mit Eisbildung über lange Zeiträume eisfrei sein. Es ist somit nicht möglich, auf Grund lokaler meteorologischer Daten die Dauer oder die Dicke einer Eisbedeckung abzuschätzen.

Die Eisbedeckung des nördlichen Polarmeeres hat grossen Einfluss auf das Klima der Erde. Ein dunkler, offener Ozean würde wesentlich weniger Sonnenlicht in den Weltraum zurückstrahlen, so dass die mittlere Temperatur der Erde steigen würde. Auch hätte ein offenes Polarmeer auf das Klima der umliegenden Gebiete einen sehr massigen Einfluss. Es ist möglich, dass der mässige Einfluss auf das hocharktische Klima so stark wäre, dass ein einmal eisfreies Polarmeer unter heutigen klimatischen Bedingungen gar nicht mehr gefrieren würde. Diese Möglichkeit ist erschreckend. Denn das Eis des nördlichen Polarmeeres könnte als Folge einer durch den Menschen verursachten globalen Temperaturerhöhung in wenigen Jahren schmelzen. Selbst wenn es gelänge, die Ursache dieser Temperaturerhöhung nach wenigen Jahren zu beseitigen, würde sich die Eisdecke in diesem Fall nicht mehr bilden, und eine Rückkehr zu heutigen klimatischen Verhältnissen wäre ausgeschlossen. Man kennt die Bedingungen für einen Fortbestand der seit 700 000 Jahren ununterbrochen vorhandenen Eisbedeckung nicht genau. Auch die klimatischen Auswirkungen kann man nicht im Detail, aber das Klima Europas würde sich in bezug auf Temperatur und Niederschläge sicher drastisch ändern. Eine Möglichkeit, Einblick in einige Auswirkungen einer offenen Wasserfläche im hohen Norden zu gewinnen, bietet in idealer Weise ein eisfreies Gebiet am Rande des Polarmeeres, das sogenannte North Water im nördlichen Teil des Baffinmeeres.

Rätselhaftes Phänomen

Zwischen den Nordwestterritorien Kanadas und Grönland liegt das Baffinmeer. Es ist Teil des Nordatlantiks, mit dem es über die breite Davisstrasse verbunden ist. Es hat aber im Norden über die Nerdsstrasse und im Westen über den Jones- und Lancasterstrand auch Verbindungen zum Polarmeer. Das Baffinmeer ist im Winter fast vollständig mit Eis bedeckt, welches erst gegen den Spätsommer hin aufricht. Im nördlichen Teil des Baffinmeeres liegt aber die North Water Polynia, eine teilweise eisfreie Meeresfläche von der Grösse der Schweiz (vgl. Abb. 2). An der Südostecke des North Water liegt Thule, früher ein Eskimodorf, heute ein wichtiger Luftwaffenstützpunkt.

Die North Water Polynia war den Schiffsnavigatoren und insbesondere den Walfängern seit Beginn des letzten Jahrhunderts bekannt. Die offene Wasserfläche, umgeben von eisbedecktem Meer, ist ein erstaunliches Phänomen, denn immerhin beträgt die mittlere Jahrestemperatur in Thule -11,5°C, und man würde eigentlich eine ganzjährige Eisbedeckung erwarten. Seit dem Anfang unseres Jahrhunderts wurden auf zahlreichen, aber nicht sehr systematischen Schiffsexpeditionen Strömungen und Oberflächentemperaturen im North Water gemessen.

Um 1950 hatte man folgende sehr hypothetische Erklärungen für die Existenz des erstaunlichen Phänomens:

Im Norden und Süden des North Water geriert das Meer im Winter schon früh stark zu, so dass praktisch kein Eis von aussen ins Gebiet des North Water transportiert wird. Starke Winde aus Nord und Nordwest können sich bildendes Eis

rasch an den Südrand des North Water transportieren. Im Winter tritt möglicherweise eine Konvektion des Wassers, die bis in beträchtliche Tiefen reicht, auf und bringt immer wieder warmes Wasser aus der Tiefe an die Oberfläche. Eine kreisförmige Oberflächenströmung im Gegenuhreissensoll bewirken, dass frisch gebildetes Eis vom Zentrum weg gegen den Rand des North Water getrieben wird.

Es scheint, dass ein Zusammenspiel mehrerer dieser möglichen Ursachen zu der offenen Polynia führen. Wie stark jede einzelne der möglichen Ursachen beteiligt ist, weiss man heute noch nicht. Die letzte der aufgezählten Möglichkeiten dürfte allerdings eine gegenteilige Wirkung haben, da Eis leichter als Wasser ist und deshalb bei kreisförmiger Strömung eher zum Zentrum getrieben wird.

So interessant die Frage nach der Ursache der Polynia ist, darf man die mindestens so interessante Frage nach der Auswirkung der offenen Wasserfläche auf das Klima der umliegenden Gebiete nicht vergessen. Im Winter treten über mehrere Monate trockene Luftmassen mit Temperaturen von -40°C auf die Wasserfläche von rund -2°C. Dieser Kontakt bewirkt beträchtliche Veränderungen der Temperatur und der Feuchte der betroffenen Luftmassen. Eine mögliche Folge davon ist, dass die Umgebung des North Water das am stärksten vergletscherte Gebiet der nördlichen Hemisphäre ist. Fritz Müller von der ETH Zürich hatte sich zum Ziel gesetzt, das Phänomen North Water während eines mehrjährigen Forschungsprojekts systematisch zu beobachten und die klimatischen Auswirkungen auf die Umgebung zu untersuchen. Er hat die entsprechenden Feldarbeiten organisiert und die Auswertung am Geographischen Institut geleitet, bis er am 26. Juli 1980 auf dem Knechtelscher einem Herzversagen erliegt. An seiner Stelle versuchen wir hier sein Forschungsprojekt und dessen Ergebnisse kurz vorzustellen.

Langjähriges Forschungsprojekt

Das geplante Forschungsprojekt bedingte intensive Beobachtungen über eine längere Zeitspanne im Gebiet des North Water. Im Sommer 1972 wurden zwei Beobachtungsstationen errichtet: Coburg Island am Fuss des Hügels auf der gleichnamigen Insel am Südwestrand des North Water, Carey Island auf einer kleinen Insel mitten im North Water (vgl. Abb. 3). Jede Station beherbergte drei oder vier Beobachter und Beobachterinnen. Diese hatten alle sechs Stunden Wetterdaten (Temperatur, Luftdruck, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit und -richtung, Sichtweite und Bewölkung) zu beobachten und zu registrieren. Auch wurden die einfallende Sonnenstrahlung sowie die reflektierte Strahlung, die langwellige Ein- und Ausstrahlung und die Strahlungsbilanz kontinuierlich gemessen und aufgezeichnet. Weitere Aufgaben bestanden darin, das angrenzende Meeress zu beobachten und seine Dicke an bestimmten Orten zu messen, täglich Wasserdampfproben und nach Niederschlägen Schneeproben zu sammeln. Schliesslich waren von jeder Station aus noch 1 oder 2 automatische Wetterstationen zu betreiben, welche sich in mehreren Kilometern Entfernung an besonders exponierten Orten befanden. Die Beobachtungen erfolgten auch während der Wintermonate, wobei vom September bis zum März die Beobachter nur über Funk mit der Aussenwelt verbunden waren. Im Sommer 1973 erfuhr die Beobachtungsaufgabe der beiden Stationen eine wesentliche Erweiterung: Ab Juni wurden täglich mit Radiosonden ausgerüstete Ballone steigen gelassen. Diese gestatteten es, Temperatur, Luftdruck und Luftfeuchtigkeit bis 10 km Höhe zu messen. Im Frühling 1973 wurde an der Nordecke des North Water noch eine dritte Station, Cape Herschel, erstellt. Diese Station befasste sich ebenfalls mit Wetterbeobachtungen; die Hauptaufgabe lag aber darin, Veränderungen des umliegenden Meeress genau zu beobachten und zu vermerken.

Die kontinuierlichen Arbeiten auf den Beobachtungsstationen fanden im Herbst 1974 ihren Abschluss. Während der zweieinhalb Jahre ereigneten sich glücklicherweise keine schweren Unfälle. Von kleineren bis grösseren Zwischenfällen wurden die einsamen Stationen im hohen Norden allerdings nicht verschont. So musste Carey Island im Herbst 1973 den Betrieb wegen Erkrankung der Besatzung für drei Wochen einstellen, bis eine Ersatzmannschaft zur Stelle war. Am 8. April 1974 wurde die Coburginsel sogar von einem Eisberg besucht. Nachdem dieser nicht in die Station hatte eindringen können, überraschte er zwei Forscher, welche 20 km von der Station entfernt in einem Zelt bivakuierten. In letzter Sekunde, als der angreifende Bär bereits im Zelteingang stand, konnte er erschossen werden. In Cape Herschel sorgte ein weit kleineres Tier für Unannehmlichkeiten. Ein Stationsmitglied wurde von einem Fuchs in die Hand gebissen. Da Verdacht auf Tollwutinfektion

bestand, musste der Betroffene nach der Luftwaffenbasis Thule evakuiert werden.

Die Beobachtungen und Messungen auf den drei Stationen haben sehr wertvolle Ergebnisse geliefert. Um das gesteckte Forschungsziel zu erreichen, waren aber noch zusätzliche Beobachtungen und Messungen notwendig. So lieferten beispielsweise die automatische Wetterstationen bis 1981 weiteren Messdaten. Ferner erfolgten von 1974 bis 1981 jährlich mehrere Überflüge des North Water, wobei jeweils die Eisbedeckung und die Oberflächentemperatur des Eises und des offenen Wassers gemessen wurden. Auswertungen von Satellitenbildern, die zwischen 1972 und 1980 von Landsat aufgenommen wurden, ergänzten diese Messungen. Die Analyse von Eisbohrkernen aus Gletschern und Eiskappen in der Nachbarschaft des North Water lieferte Informationen über die jährlichen Niederschlagsmengen im betreffenden Gebiet. In besonders günstigen Fällen war die Bohrkeranalyse sehr einfach. Man konnte in diesen Fällen Sommer- und Winterschnee von Auge unterscheiden und somit Jahresschichten abhählen. Meistens waren aber die Jahresschichten nicht sichtbar, und es mussten an zahlreichen Proben Isotopenanalysen durchgeführt werden, um Sommer- und Winterschnee zu identifizieren. Im Frühjahr 1974, 1975 und 1976 wurden jeweils auf mehreren Gletschern Bohrkerne, teilweise bis 20 m Tiefe, gewonnen und im Labor analysiert.

Gewonnene Erkenntnisse

Die Fläche des North Water ist nicht ganzjährig eisfrei, wie man das zu Beginn des Forschungsprojekts vermutete. Dies ist wohl eines der wichtigsten Beobachtungsergebnisse. Während des Winters ist ein grosser Teil der Wasseroberfläche von dünnem, lok-

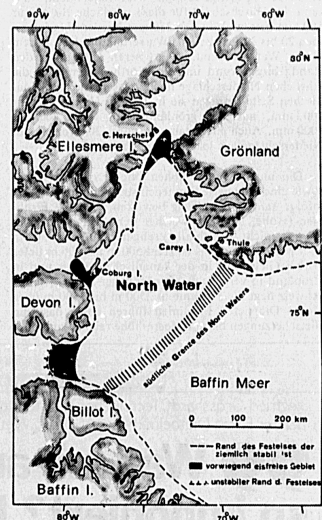


Abb. 2. Gebiet des North Water mit den Beobachtungsstationen.

kerem Packeis bedeckt. Nur kleine Regionen bleiben wirklich eisfrei. Da die Eisschollen aber sehr dünn sind, schmilzt das Packeis im Frühling sehr schnell, und das North Water präsentiert sich schon im Frühsommer als offene blaue Wasserfläche, wenn ringsum noch alles gefroren und vereist ist. Der Anblick der blauen offenen See im Frühsommer hat wohl zur Ansicht geführt, dass die Polynia ganzjährig eisfrei sei.

Trotz dieser leicht erdenen Schläge ist der Einfluss der Polynia auf die Umgebung immer noch gewaltig. Da das Eis viel dünner als andernorts ist, bricht es viel leichter auseinander. Durch das dünne Eis, vor allem aber durch die Spalten zwischen den Eisschollen, gelangt viel Feuchtigkeit und Wärme vom Ozean in die Atmosphäre. Die Wärmemenge, die im Mittel vom Wasser pro Tag an die Atmosphäre abgegeben wird, beträgt im Winter rund 1000 KJoule/m². Infolge dieser Energiezufuhr erwärmt sich die unterste Luftschicht um gut 15°C. Die Temperaturerhöhung nimmt mit zunehmender Höhe ab und ist oberhalb 1500 m über Meer nicht mehr zu beobachten.

Die Temperaturerhöhung hat auch eine Änderung des Luftdrucks über dem North Water zur Folge. Da



Abb. 3. Die Beobachtungsstation auf der Carey-Insel wird von einem Helikopter der US-Air-Force versorgt.

Abgasreinigung mit Bakterien

Am Illinois Institute of Technology wird zurzeit die Reinigung industrieller Abgase mittels Bakterien untersucht. Dieses neuartige Verfahren soll primär zur Entfernung von Schwefelwasserstoff (H₂S) und Kohlendioxid (CO₂) dienen. Erste Versuche mit photosyntheseisierenden Bakterien der Art *Chlorobium thiosulfatum* waren sehr erfolgreich. Es besteht auch die Möglichkeit, die bei verschiedenen industriellen Prozessen entstehenden Abgase auf kontinuierliche Weise mit diesen Bakterien unschädlich zu machen. Bei der Kohlenstoffierung durch Photosynthese in chlorophyllhaltigen Organismen reagiert Schwefelwasserstoff ähnlich wie Wasser als Protonendonator. Dabei wird der Schwefel in elementarer Form als orthorhombische Kriställchen abgeschieden, während das Kohlendioxid zum Aufbau eines Glukosepolymers dient, das in den Zellen gespeichert wird. Für diese Vorgänge ist Licht erforderlich; im Dunkeln wird die Polyglukose anschliessend zu Fettsäuren umgewandelt, vorwiegend zu Essigsäure (80 Prozent). Am besten wirkt rotes Licht (870 nm), doch auch Sonnenlicht ist brauchbar. Die obigen Reaktionen benötigen keinen Sauerstoff; es besteht also die Möglichkeit, aus der Essigsäure in einer weiteren Reaktionsstufe anaerob Methan herzustellen. Die Zellbiomasse ist proteinreich und könnte als Tierfutter verwertet werden. Noch nicht abgeklärt ist die Frage, ob die Bakterien toxische Stoffe wie Zyanwasserstoff, Kohlenmonoxid und Schwermetalle ertragen. Davon hängt die praktische Durchführbarkeit der Reinigung von Erdgas und von Raffinerieabgasen in grosstechnischem Massstab mittels Bakterien ab.

Quelle: Chemical & Engineering News 60/19, 48 (1982).