

## Das Klima um Grönland - 1996

Manfred Stein, Institut für Seefischerei, Hamburg

Neuere Untersuchungen (Newell 1996) deuten auf Zusammenhänge zwischen dem Rückgang des Packeises vor der Küste von Labrador und großskaligen Luftdruckschwankungen im südlichen Pazifik hin. Dieser als „Southern Oscillation“ bekannte Vorgang tritt auf, wenn der Luftdruck über Australien hoch und über dem tropischen/subtropischen Südpazifik tief ist. Als Folge dieses Luftdruckgradienten erscheint anomal warmes Oberflächenwasser vor der südamerikanischen Küste, welches den Auftrieb von nährstoffreichem Tiefenwasser stoppt. Dadurch kommt es in manchen Jahren zu katastrophalen Zusammenbrüchen der Anchoveta (Peru-Sardellen) -Fischerei.

In den vergangenen Jahrzehnten (1951-1984) gingen niedrige Werte des „Southern Oscillation Index“ (SOI) in den Monaten September bis Mai mit vorzeitigem Rückgang des Packeises in der westlichen Labrador See einher. Im gleichen Zeitraum führten hohe SOI-Werte zu einem verspäteten Rückgang des Packeises. Newell (1996) folgert, daß die „Southern Oscillation“ die Luftdruckverteilung über dem Nordwest Atlantik beeinflusst, was letztlich Auswirkungen auf den Rückgang des Packeises vor Labrador hat.

Der Zusammenhang zwischen den verschiedenen Komponenten des subpolaren Nordatlantischen Klimasystems (Atmosphäre-Ozean-Eis) wurde von Wohlleben und Weaver (1995) mit dem Ziel untersucht, Prozesse zu erforschen, die mit dekadischer Variabilität verbunden sind. Nach ihren Untersuchungen haben Meeresoberflächen Temperatur-Anomalien im Bereich der Labrador See einen starken Einfluß auf die Luftdruck-Anomalien über Grönland. Diese wiederum beeinflussen den Transport von Schmelzwasser und Packeis-Anomalien aus dem Arktischen Ozean. Dieses Schmelzwasser (kalt, niedriger Salzgehalt) und die Eis-Anomalien werden entlang der subpolaren Meeresströmungen in die Labrador See transportiert und beeinflussen die Bildung von Labrador See Wasser. Dies wiederum hat einen Einfluß auf den Transport des Nordatlantischen Stromes in die subpolaren Regionen, und damit auch einen Einfluß auf die Oberflächentemperaturen dieser Region. Es handelt sich hierbei um einen

### The Climate Around Greenland - 1996

Based on air temperature data from three sites of West and East Greenland, on ice charts for the area 54°N, 71°N and 20°W, 70°W, and on CTD profile observations around Greenland, the annual variability of climate is shown. Mean monthly air temperature data from Nuuk/West Greenland reveal the long-term interannual changes of air temperature anomalies. The warming trend which was observed during November, December 1995 was maintained into 1996 for about five months. Thus, spring warming of the near surface water layers, especially on the shallow bank areas off West Greenland has been favoured. As a result of mild air temperatures over most of 1996, sea ice conditions were about normal around Greenland and off eastern Canada. Subsurface observations indicate considerable warming of the 0-200 m water layer off West Greenland. The thermal anomaly of this layer amounts to +1.59K, which is the second highest value on record since the warm 1964 event. The warmer than normal conditions as recorded since November 1995 off East and West Greenland, point at intermediate warming which is characteristic of the second half of the recent decades. The long-term trend of air temperature anomalies off West Greenland points, however, still at cooling, a trend which is persistent since the early 1970s. As the potential driving mechanism for the intermediate warming in the Labrador Sea area, the sea level air pressure gradient between Iceland and the Azores is identified. The 1996 value of this gradient, the North Atlantic Oscillation (NAO) Index, is strongly negative and this represents the flow of mild air masses from the mid-latitude Atlantic Ocean to the Greenland/Labrador Sea region. Accordingly, air temperature anomalies indicated unusual warming during the month of February which amounted to >2K in the region of Baffin Land, Labrador and Greenland.

negativen Rückkopplungseffekt, der als eine interne Quelle klimatischer Variabilität im subpolaren Nordatlantik zu verstehen ist. Ein Zyklus dieser Rückkopplung hat eine Periode von etwa 21 Jahren.

Der „North Atlantic Oscillation“ (NAO) Index, der den Luftdruckunterschied im Winter zwischen Island und den Azoren darstellt, kann zur Erklärung hemisphärischer Zusammenhänge im Nordatlantik herangezogen werden (Stein 1996). Während im Bereich der Labrador See seit längerem ein Abkühlungstrend zu beobachten ist, dominieren im Barentsmeer positive Anomalien. Als Grund für diese negative Relation werden die großskaligen, atmosphärischen Windverteilungen angesehen, die NAO. Wenn der NAO-Index hoch ist, verstärkt sich das Island Tief und nordwestliche Winde herrschen über der Labrador See vor. Diese bringen kalte Luftmassen aus dem arktischen-kanadischen Raum, was zu mehr Packeisbildung und kälteren Wassertemperaturen führt. Zur gleichen Zeit verstärken sich die Südwestwinde über Nordeuropa, wodurch warme Luftmassen weit nach Norden fließen können und sich somit warme Verhältnisse im Barentsmeer entwickeln können.

Diese drei Beispiele zeigen, daß die klimatischen Verhältnisse bei Grönland im wesentlichen das Produkt hemisphärischer Wechselwirkungen sind, sowohl in Ost-West-Richtung, als auch in Nord-Süd-Richtung. Die Verbindung ist also global.

### Daten und Methoden

Die atmosphärischen Klimadaten von Grönland stammen vom Dänischen Meteorologischen Institut in Nuuk ( $64^{\circ}11'N$ ,  $51^{\circ}44.5'W$ ), Egedesminde ( $68^{\circ}42.5'N$ ,  $52^{\circ}53'W$ ) und Angmagssalik ( $65^{\circ}36'N$ ,  $37^{\circ}40'W$ ). Während der erste Datensatz dankenswerter Weise vom Dänischen Meteorologischen Institut in Kopenhagen und dem Seewetteramt, Hamburg, zur Verfügung gestellt wurde, stammen die beiden anderen Datensätze vom Seewetteramt, Hamburg. Das klimatische Mittel, auf das sich die Anomalie Karten beziehen, ist 1961-1990. Die Eiskarten sind eine vereinfachte Darstellung der NOAA-Satelliten-Eiskarten. Anomalien der Eiskanten beziehen sich auf die Meereis Normale wie sie von Buch und Stein (1989) dargestellt wurden. Die ungefähre Lage der Eiskante (Auftreten von Meereis, *nicht Festeiskante*) ist dort in den jeweiligen Abbildungen 10 und 11 angegeben und darüber hinaus als „Computer Dia Show“ verfügbar. Die Temperatur-Anomalie Karten (Abb. 1-3) für den Nordwestatlantik wurden aus Anon. (1996) übernommen. Untersuchungen über die klimatischen Verhältnisse im Ozean entstammen ozeanographischen Messungen der „Walther Herwig III“ während der 176. Reise nach Grönland (20.9. - 31.10.1996).

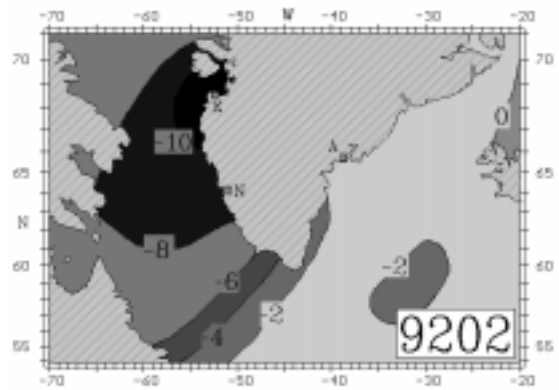


Abb. 1: Mittlere Lufttemperatur-Anomalien über dem Nordwest Atlantik im Februar, 1992 (E=Egedesminde, N=Nuuk, A=Angmagssalik)

Mean air temperature anomalies over the Northwest Atlantic during February, 1992 (E=Egedesminde, N=Nuuk, A=Angmagssalik)

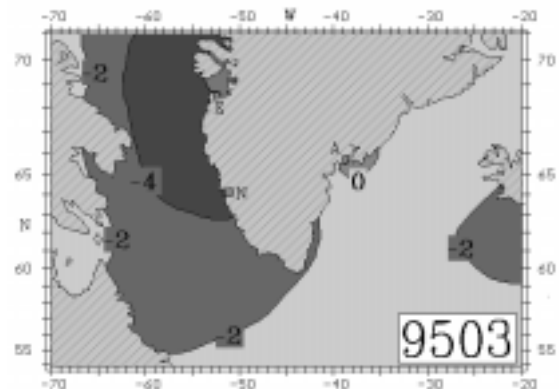


Abb. 2: Mittlere Lufttemperatur-Anomalien über dem Nordwest Atlantik im März, 1995 (E=Egedesminde, N=Nuuk, A=Angmagssalik)

Mean air temperature anomalies over the Northwest Atlantic during March, 1995 (E=Egedesminde, N=Nuuk, A=Angmagssalik)

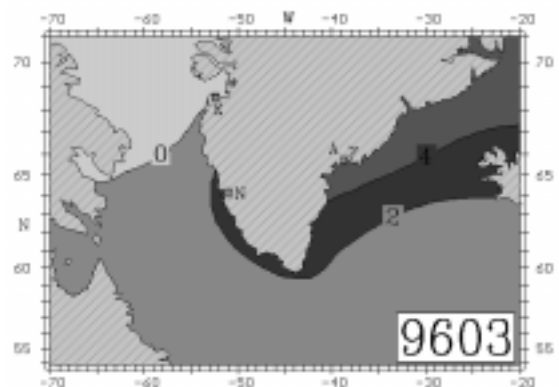


Abb. 3: Mittlere Lufttemperatur-Anomalien über dem Nordwest Atlantik im März, 1996 (E=Egedesminde, N=Nuuk, A=Angmagssalik)

Mean air temperature anomalies over the Northwest Atlantic during March, 1996 (E=Egedesminde, N=Nuuk, A=Angmagssalik)

**Ergebnisse**

*Lufttemperatur und Meereis-Anomalie während 1996*

Im Vergleich zu früheren Jahren haben sich die klimatischen Verhältnisse während des Jahres 1996 verändert. Von 1992 bis 1995 war das Muster der Lufttemperatur-Anomalien zwischen 20°W und 70°W, 54°N und 71°N im ersten Quartal des Jahres sehr ähnlich, besonders während des kältesten Monats. Kältester Monat war Februar im Jahre 1992, und März in den Jahren 1993, 1994, 1995 (Stein 1995, Stein 1995a, Stein 1996a, b). Zwei Beispiele dieser Periode sind in den Abbildungen 1 und 2 dargestellt. Während es in der ersten Hälfte dieser Dekade „normal“ war, eine kalte Luftmasse mit Zentrum über der Stadt Egedesminde (E in Abb. 1, 2) mit Lufttemperatur-Anomalien <10 K (1992) und <6 K (1995) vorzufinden, waren die Lufttemperaturen im März 1996 über dem Kanadischen Archipel und Grönland 2,5 bis 4,5 K wärmer als normal (Abb. 3). Diese Großwetterlage hielt bis April an, die Zentren positiver Anomalie lagen über Süd Baffin Land (+6 K) und Nordost Grönland (+6,7 K). Im Mai und Juni 1996 war es über dem Nordamerikanischen Kontinent, über Baffin Land und der Westgrönland See kälter als normal. Juli, August und September waren wärmer als normal in Ostkanada (+3 K), und kälter als normal vor Westgrönland. Ein kräftiger süd-nord Lufttemperaturgradient östlich von Neufundland produzierte im August 1996 eine Serie starker Tiefdrucksysteme.

Während des letzten Quartals des Jahres überwogen positive Lufttemperatur-Anomalien in der Labrador See Region. Positive Anomalien bis zu +6 K wurden über Baffin Land und Labrador im November und Dezember verzeichnet. Außer Südwestgrönland, das etwas kälter als normal war, ließ sich an der West- und Ostküste von Grönland eine Erwärmung bis zu +4 K über dem Mittel (1961-1990) feststellen.

*Lufttemperaturen und Klimatische Mittel*

Im Gegensatz zu vorangegangenen Jahren (Stein 1995, Stein 1995a, Stein 1996a, b) zeigten die drei Beobachtungspunkte an der West- und Ostküste Grönlands (Egedesminde, Nuuk and Angmagssalik, Abb. 4, 5, 6) positive Verhältnisse während des größten Teils der ersten Jahreshälfte. Während der bislang kälteste Monat März normale Lufttemperaturen in Egedesminde aufwies (-16,4 °C, Abb. 4), lagen die Werte für Nuuk und Angmagssalik deutlich über normal (-5,4 °C in Nuuk und -2,6 °C in Angmagssalik). Die Sommermonate waren kälter als normal an der Westküste Grönlands, jedoch wärmer als normal an der Ostküste (Abb. 6).

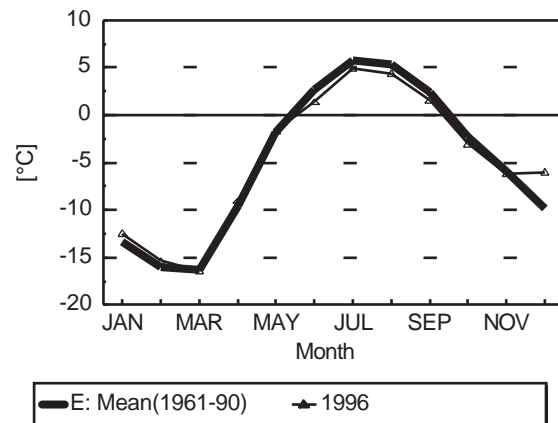


Abb. 4: Mittlere monatliche Lufttemperatur in Egedesminde 1996 und klimatologisches Mittel (1961-1990)

Monthly mean air temperature at Egedesminde during 1996 and climatic mean (1961-1990)

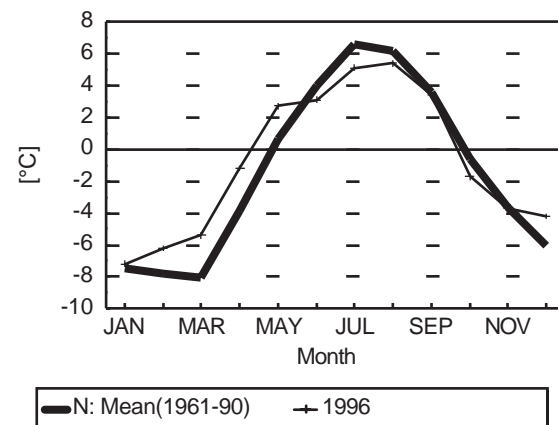


Abb. 5: Mittlere monatliche Lufttemperatur in Nuuk 1996 und klimatologisches Mittel (1961-1990)

Monthly mean air temperature at Nuuk during 1996 and climatic mean (1961-1990)

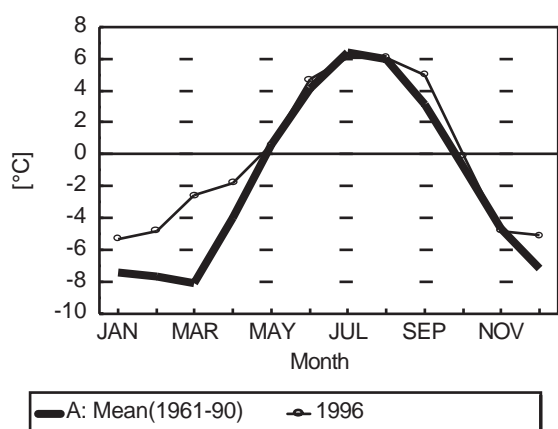


Abb.6: Mittlere monatliche Lufttemperatur in Angmagssalik 1996 und klimatologisches Mittel (1961-1990)

Monthly mean air temperature at Angmagssalik during 1996 and climatic mean (1961-1990)

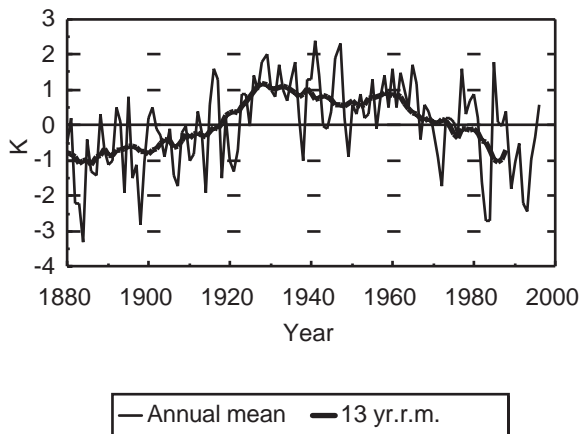


Abb. 7: Zeitreihe der mittleren jährlichen Lufttemperatur-Anomalie in Nuuk (1880-1996, rel. 1876-1990) und 13-jähriges gleitendes Mittel

Time series of annual mean air temperature anomalies at Nuuk (1880-1996, rel. 1876-1990) and 13 year running mean

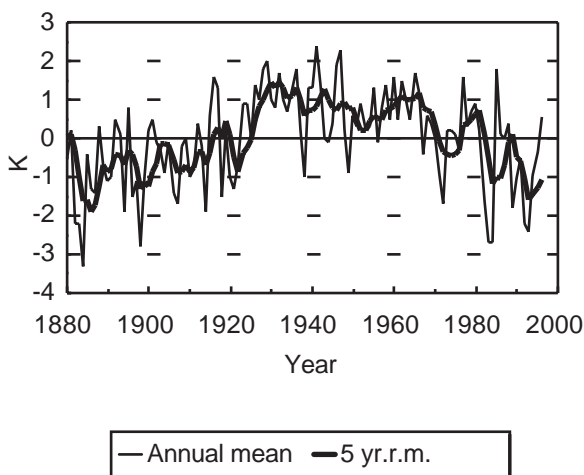


Abb. 9: Zeitreihe der mittleren jährlichen Lufttemperatur-Anomalie in Nuuk (1880-1996, rel. 1876-1990) und 5-jähriges gleitendes Mittel

Time series of annual mean air temperature anomalies at Nuuk (1880-1996, rel. 1876-1990) and 5 year running mean

Der Erwärmungstrend, der im November und Dezember 1995 beobachtet wurde (Stein 1996b) hielt 1996 über etwa fünf Monate an. Somit wurde die Frühjahrs-erwärmung der oberflächennahen Wasserschichten, insbesondere auf den flachen Bankgebieten vor Westgrönland, nachhaltig unterstützt.

#### Variabilität des Klimas in Westgrönland

Zum ersten Mal seit 1888 lagen die mittleren, jährlichen Lufttemperatur-Anomalien 1996 über normal (+0,6 K, Abb. 7). Die dekadische Darstellung der mitt-

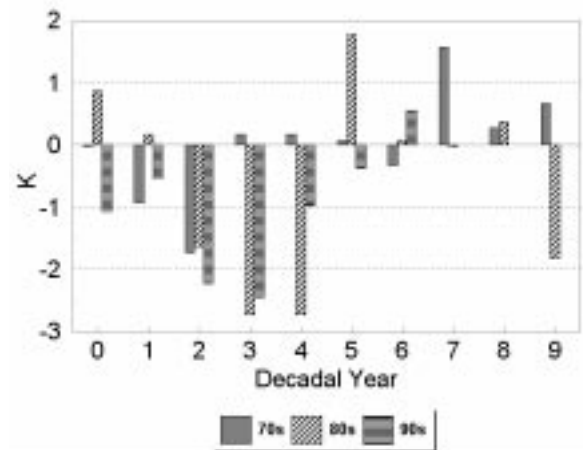


Abb. 8: Zusammenstellung der dekadischen Lufttemperatur-Anomalien in Nuuk relativ zum klimatologischen Mittel 1961-90 für die Dekaden der 1970er, 1980er and 1990er

Composite of decadal air temperature anomalies at Nuuk given relative to the climatic mean of 1961-90 for the decades of the 1970s, 1980s and 1990s

leren Lufttemperatur-Anomalien von Nuuk (Abb. 8) deutet eine Erwärmung an, die beträchtlich größer als im vorangegangenen Jahr ist. Der Langzeittrend der Nuuk Lufttemperatur-Anomalien (sowohl das 13-jährige, als auch das 5-jährige gleitende Mittel) zeigt jedoch keine Rückkehr zu normalen oder wärmer als normalen Verhältnissen (Abb. 7, 9).

#### Eisverhältnisse im Nordwest Atlantik

Die südlichste Lage der Eiskante wurde Mitte März beobachtet (960313, Abb. 10). Abgesehen von der anomalen Eisbedeckung rund um Kap Farvel war die Eislage normal. Nahezu eisfreie Verhältnisse herrschten Ende September (960924, Abb. 11) als lediglich an der Küste von Baffin Land etwas Eis auftrat. Während des letzten Quartals des Jahres 1996 war die Eisbedeckung um Grönland und vor der Küste des arktischen Kanada normal. Eine Ausnahme machte das Gebiet um Kap Farvel wo es Anfang Dezember zu Neueisbildung kam.

#### Ozeanographische Untersuchungen vor Westgrönland

Aufgrund zeitlicher Beschränkungen konnte während der Reise mit „Walther Herwig III“ nur auf zwei ozeanographischen Standard-Schnitten das vertikale Temperatur- und Salzgehaltsfeld gemessen werden. Hierbei handelte es sich um drei Stationen des Kap Desolation Schnittes und fünf Stationen des Fylla Bank Schnittes (Stein 1988). Abb. 12, 13 zeigen Ergebnisse von der Station 4 des Fylla Bank Schnittes. Die Zeitserien von Temperatur und Salzgehalt sind auf das 1963-1990 Mittel bezogen. Temperatur und Salzgehalt zei-



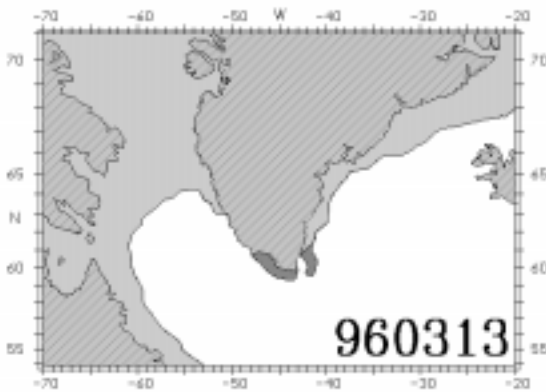


Abb. 10: Verlauf der Eiskante am 13. März 1996; dunkel schraffierte Gebiete zeigen die anomale Ausdehnung des Eises im Monat März

Ice edge during March 13, 1996; dark shaded areas indicate anomalous extent of ice edge during the month of April

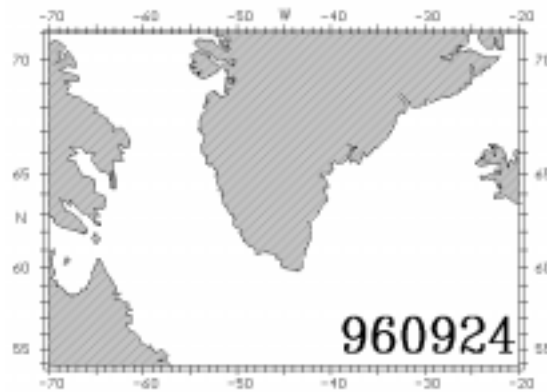


Abb. 11: Verlauf der Eiskante am 24. September 1996; dunkel schraffierte Gebiete zeigen die anomale Ausdehnung des Eises im Monat September

Ice edge during September 24, 1996; dark shaded areas indicate anomalous extent of ice edge during the month of September

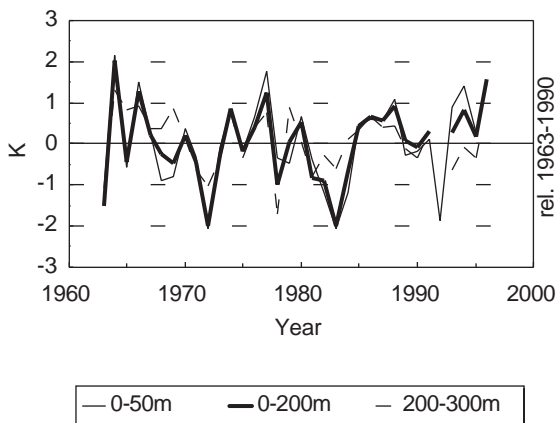


Abb. 12: Temperatur Zeitreihe der Standard Ozeanographischen Station 4 des Fylla Bank Schnittes (1963-1996) für die Wasserschichten 0-50 m, 0-200 m und Irminger Wasser Schicht 200-300 m

Time series of temperature at Standard Oceanographic Station 4 of the Fylla Bank Section (1963-1996) for surface layers 0-50 m, 0-200 m and Irminger Water layer 200-300 m

gen positive Trends, der Temperatur-Anomalie Wert ist der zweithöchste (+1,59 K) seit dem warmen Jahr 1964.

### Diskussion

Wie Drinkwater et al. (1996) feststellten, hatte der NAO Index im Jahr 1995 einen hohen Wert, was zu der Erwartung führte, daß die Lufttemperaturen in der Labrador See Region kälter als in den vorangegangenen Jahren sein müßten. Allerdings verlagerte sich das Island-Tief nach Osten und reduzierte somit seinen Einfluß auf die Labrador See.

Der 1996er NAO Index betrug -9,8 (gestrichelte Linie in Abb. 14). Ähnliche Werte wurden am Ende der 1970er

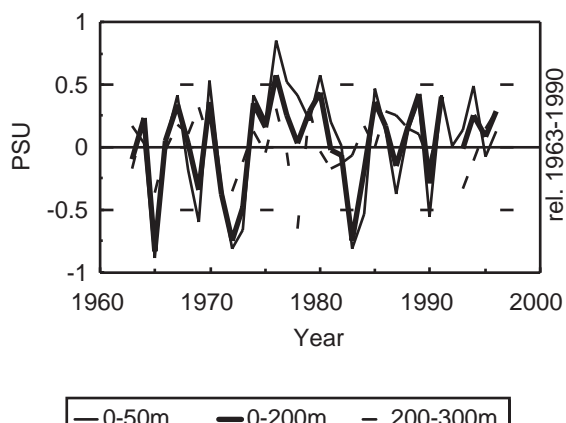


Abb. 13: Salzgehalt Zeitreihe der Standard Ozeanographischen Station 4 des Fylla Bank Schnittes (1963-1996) für die Wasserschichten 0-50 m, 0-200 m und Irminger Wasser Schicht 200-300 m

Time series of salinity at Standard Oceanographic Station 4 of the Fylla Bank Section (1963-1996) for surface layers 0-50 m, 0-200 m and Irminger Water layer 200-300 m

gefunden. Negative NAO Indizes deuten auf den Zustrom milder Luftmassen aus mittleren Breiten des Atlantischen Ozeans in das Gebiet zwischen Grönland und Kanada. Dementsprechend zeigten die Lufttemperatur-Anomalien eine ungewöhnliche Erwärmung im Februar, die >2 K für die Gebiete Baffin Land, Labrador und Grönland war. Dies beeinflusste die Verbreitung des Meereises in der Labrador See und führte zu normalen Verhältnissen vor der Labrador, Baffin Land und Grönland Küste, mit Ausnahme einer ungewöhnlichen Eisbildung um Kap Farvel im Januar und Februar.

Im Gegensatz zu den frühen 1980ern und 1990ern war das charakteristische Phänomen der „blockierten kalten Luftmasse“ mit Zentrum über Egedesminde (Abb. 3

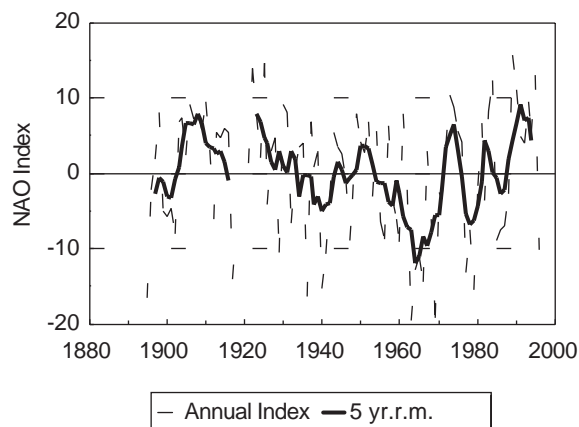


Abb. 14: Der „North Atlantic Oscillation“ Index definiert als der Winter (Dezember, Januar, Februar) Luftdruck (Meeresebene) in Ponta Delgada/Azores minus Akureyri in Island

The North Atlantic Oscillation Index defined as the winter (December, January, February) sea level pressure at Ponta Delgada in the Azores minus Akureyri in Iceland

in: Buch und Stein 1989; Abb. 1 in dieser Arbeit) 1996 verschwunden. Dies scheint auf großräumige Veränderungen in der Luftdruckverteilung hinzuweisen was, wie oben bereits angedeutet, im hemisphärischen oder sogar globalen Maßstab abläuft.

Das Frühjahr war wärmer als normal (März, April, Mai) bedingt durch einen milden Winter 1995/1996. Der Sommer war etwas kälter als normal an der Westküste Grönlands, an der Ostküste jedoch wärmer als das klimatologische Mittel.

Die positiven Anomalien, die seit November 1995 in Ost- und Westgrönland festgestellt worden sind, deuten auf eine intermediäre Erwärmung hin, ein Phänomen, welches in der zweiten Hälfte der vergangenen Dekaden bereits auftrat. Der Langzeittrend der Lufttemperatur-Anomalien von Westgrönland deutet jedoch

nach wie vor auf Abkühlung, ein Trend, der seit den frühen 1970ern anhält (c.f. Stein 1996b).

Die ozeanographischen Untersuchungen auf der Fylla Bank Station 4 ergaben anomal warme und salzreiche Verhältnisse in der Wassersäule von der Meeresoberfläche bis in 300 m Tiefe (Abb. 12, 13). Die Wasserschicht zwischen 200-300 m Tiefe wird hauptsächlich von der warmen und salzreichen Irminger Komponente des Westgrönland Strom-Systems beeinflusst. Dieser Wasserkörper dominierte die thermohaline Situation auf den westgrönländischen Fischereibänken.

## Literatur

- Anon.: Der Wetterlotse. ; Deutscher Wetterdienst, Seewetteramt, Hamburg, Vol. 48, Nr. 589-600, 1996.
- Buch, E.; M. Stein: Environmental Conditions off West Greenland, 1980-85. *J.Northw.Atl.Fish.Sci.*, Vol. 9: 81-89, 1989.
- Drinkwater, K.F.; Colbourne, E.; Gilbert, D.: Overview of Environmental Conditions in the Northwest Atlantic in 1995. *NAFO Sci.Coun. Studies*, 27: 1-37, 1996.
- Newell, J.P.: Sea-ice and atmospheric circulation anomalies in the Labrador Sea region associated with extremes of the Southern Oscillation. *Int. J. Climatol.*; 1996; Vol. 16, no. 1, pp. 63-71; ISSN 0899-8418, 1996.
- Stein, M.: Revision of list of NAFO standard oceanographic sections and stations. *NAFO SCR Doc.*, No. 1, Serial No. N1432, 9p., 1988.
- Stein, M.: Climatic Conditions Around Greenland - 1992. *NAFO Sci.Coun. Studies*, 22: 33-41, 1995.
- Stein, M.: Climatic Conditions Around Greenland - 1993. *NAFO Sci.Coun. Studies*, 22: 43-49, 1995a.
- Stein, M.: Conclusions drawn from the climatic issues as presented during the STACFEN Meeting in June 1996. *NAFO SCR Doc.96/83*; 6 pp., 1996.
- Stein, M.: Climatic Conditions Around Greenland - 1994. *NAFO Sci.Coun. Studies*, 25: 59-65, 1996a.
- Stein, M.: Climatic Conditions Around Greenland - 1995. *NAFO Sci.Coun. Studies*, 27: 39-47, 1996b.
- Wohlleben T.M.H.; Weaver, A.J.: Interdecadal climate variability in the subpolar North Atlantic. *Clim. Dyn.*; 1995; Vol. 11, no. 8, pp. 459-467; ISSN 0930-7575, 1995.