

Zur Frage der topographischen Steuerung der ozeanischen Polarfront vor Südgrönland

Von Gerd Sommerhoff*, Birger Larsen** und Günther Michler*

Zusammenfassung: Um die Lage der ozeanischen Polarfront zu bestimmen, wurden im Sommer 1974 auf dem dänischen Forschungsschiff „Tycho Brahe“ kontinuierliche Temperaturmessungen an der Meeresoberfläche vor Südgrönland durchgeführt. Nach der quasisynoptischen Temperaturverteilung ist die Polarfront an den Schelfrand mit seinen über 200 m Meerestiefe aufragenden Schelfbänken orientiert. Nur im Bereich der Schelfrinnen dringt die Polarfront in mäanderähnlichen Schwingungen über den Außenschelf weit küstenwärts vor. Je höher sich der Außenschelf mit seinen Schelfbänken erhebt, desto stärker ist die Polarfront gebündelt. Diese engen räumlichen Beziehungen zwischen Polarfront-Verlauf und Meeresbodenrelief werden als Indizien für eine topographische Steuerung der Polarfront gewertet.

Summary: In order to determine the course of the oceanic polar front off southern Greenland continuous measurements of sea surface temperatures were carried out on board of the Danish research ship "Tycho Brahe". Judging by the temperature distribution the polar front is oriented towards the shelf banks at the shelf edge. Over the shelf troughs the polar front turns in meander-like loops to the inner shelf. The shallower the banks of the outer shelf the greater is the temperature gradient of the polar front over the banks. The close correlation between the path of the polar front and the sea floor topography suggests topographic control of the polar front.

1. DIE HYDROGRAPHISCHE GRUNDSITUATION DER GEWÄSSER UM SÜDGRÖNLAND

Abb. 1 verdeutlicht die hydrographische Grundsituation der Labrador- und Irmingersee. Die Gewässer um Südgrönland sind danach durch das Zusammenstoßen und die Ver-

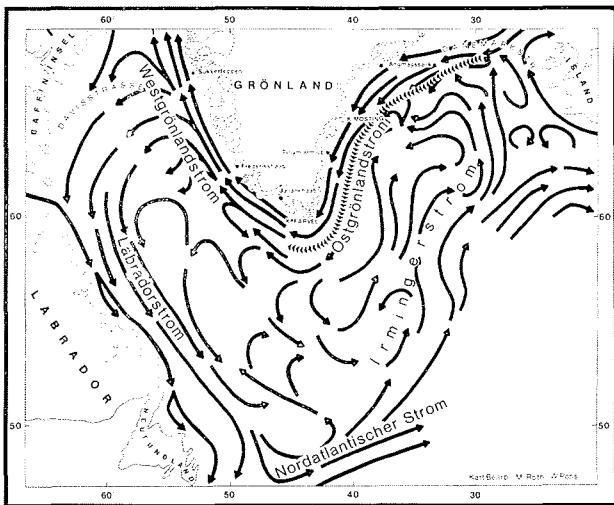


Abb. 1: Meereströmungen der Labrador- und Irmingersee mit der ozeanischen Polarfront (Pfeilspitzenlinie) vor Südgrönland (Entwurf: G. Sommerhoff, zusammengestellt nach verschiedenen Quellen, u. a. nach DIETRICH (1957) und DUNBAR (1951)).

Fig. 1: Currents of the Labrador and Irminger seas and the oceanic polar front off southern Greenland.

* Dr. Gerd Sommerhoff und Dr. Günther Michler, Institut für Geographie der Universität, Luisenstr. 37, D—8000 München 2.

** Dr. Birger Larsen, Institutet for Teknisk Geologi, Danmarks Tekniske Højskole, Lundtoftevej 100, DK—2800 Kopenhagen-Lyngby.

Die während einer Forschungsfahrt des Geological Survey of Greenland, Kopenhagen, durchgeführten Temperaturmessungen wurden vom Direktor des Geological Survey of Greenland zur Veröffentlichung freigegeben.

wirbelung von Wassermassen unterschiedlicher Herkunft bestimmt. Die Irmingersee, der Meeresraum vor Südostgrönland, zeichnet sich durch die Konvergenz arktischer und atlantischer Wassermassen aus. Im Ostgrönlandstrom überquert kaltes und salzarmes Wasser aus dem Europäischen Nordmeer (Grönlandsee) den Grönland-Island-Rücken der Dänemarkstraße. Südwestlich von Island stößt der Ostgrönlandstrom auf den Irmingerstrom, einen Ausläufer des Nordatlantischen Stromes, der warme und salzreiche Wassermassen aus dem Golfstromsystem nach Norden verfrachtet. Beide Wassermassen fließen als Ostgrönlandstrom entlang der grönländischen Ostküste südwärts.

Die Konvergenzzone, in der die beiden unterschiedlichen Wassermassen aufeinanderstoßen und sich miteinander verwirbeln, wird als arktische Konvergenz oder ozeanische Polarfront bezeichnet. Sie gibt sich in einem starken Temperatur- und Salzgehaltssprung zu erkennen. Trotz Turbulenz und Vermischung verliert der Ostgrönlandstrom seinen arktisch-atlantischen Doppelcharakter nicht: Die ozeanische Polarfront ist bis in das Seegebiet vor Julianehaab, die sogenannte Julianehaab-Bucht, deutlich ausgeprägt (vgl. Abb. 4). Erst durch zunehmende Vermischung der polaren und atlantischen Wassermassen im Bereich des Westgrönlandstromes werden die Temperaturgegensätze vor Südwestgrönland langsam abgebaut.

2. ZUR ERFORSCHUNG DER OZEANISCHEN POLARFRONT

Die ersten hydrographischen Untersuchungen im Bereich der ozeanischen Polarfront wurden von dem dänischen Admiral IRMINGER (1854) durchgeführt, nach dem die Irmingersee und der Irmingerstrom bezeichnet wurden. Aufgrund der norwegischen „Øst“-Expedition (1929) konnten in der Dänemarkstraße drei Wasserkörper unterschieden werden: atlantisches Wasser, Ostgrönlandwasser und arktisches Tiefenwasser (BRAARUD 1935). Die Fahrten des dänischen Forschungsschiffes „Dana“ (1931—1933) ermöglichten die ersten Aussagen über den Verlauf der ozeanischen Polarfront im Gebiet der Dänemarkstraße (THOMSEN 1934). Auf den Forschungsfahrten der alten „Meteor“ in den südostgrönländischen Gewässern (1929, 1930, 1933, 1935) wurden die hydrodynamischen Vorgänge beim Zusammenstoß und der Verwirbelung der beiden unterschiedlichen Wassermassen an der Polarfront und ihr Einfluß auf den Nährstoffreichtum der Gewässer untersucht (u. a. BÖHNECKE et al. 1932). Die erste umfassende und großräumliche Darstellung über Schichtung und Zirkulation der Irmingersee wurde von DIETRICH (1957) vorgelegt.

Im Rahmen des Polarfront-Programms des Internationalen Geophysikalischen Jahres (IGJ) 1957/58 wurde die Polarfront auf sieben hydrographischen Schnitten aufgenommen. In einem hydrographischen Atlas des nördlichen Nordatlantiks hat DIETRICH (1969) eine geschlossene Darstellung der Polarfront-Untersuchungen des IGJ gegeben.

Während der „Meteor“-Seevermessung vor Südostgrönland („Meteor“-Fahrt 6/1966) wurden von Sommerhoff auf Anregung von Dietrich kontinuierliche Temperatur- und Salzgehaltsmessungen an der Meeresoberfläche durchgeführt, die eine erste hinreichend genaue Erfassung des Polarfront-Verlaufs ermöglichten (DIETRICH & GIESKES, 1968).

Auf der Grundlage des umfangreichen topographischen und hydrographischen Vermessungsmaterials der „Meteor“-Fahrt ging SOMMERHOFF (1974) der Frage der topographischen Steuerung der ozeanischen Polarfront nach. Die Untersuchungen haben regelhafte Zusammenhänge zwischen dem Polarfront-Verlauf und dem Meeresbodenrelief ergeben, die auf eine topographische Beeinflussung der Polarfront hinweisen.

3. VERTEILUNG DER TEMPERATUREN AN DER MEERESOBERFLÄCHE IM BEREICH DER OZEANISCHEN POLARFRONT IM AUGUST/SEPTEMBER 1974

Um die Beziehungen zwischen Polarfront-Verlauf und Meeresbodentopographie durch Wiederholungsaufnahmen des Polarfront-Verlaufs zu überprüfen, wurde im Sommer 1974 auf dem dänischen Forschungsschiff „Tycho Brahe“ ein Temperaturmeßgerät zur kontinuierlichen Registrierung der Meeresoberflächentemperatur vor Südgrönland eingesetzt.

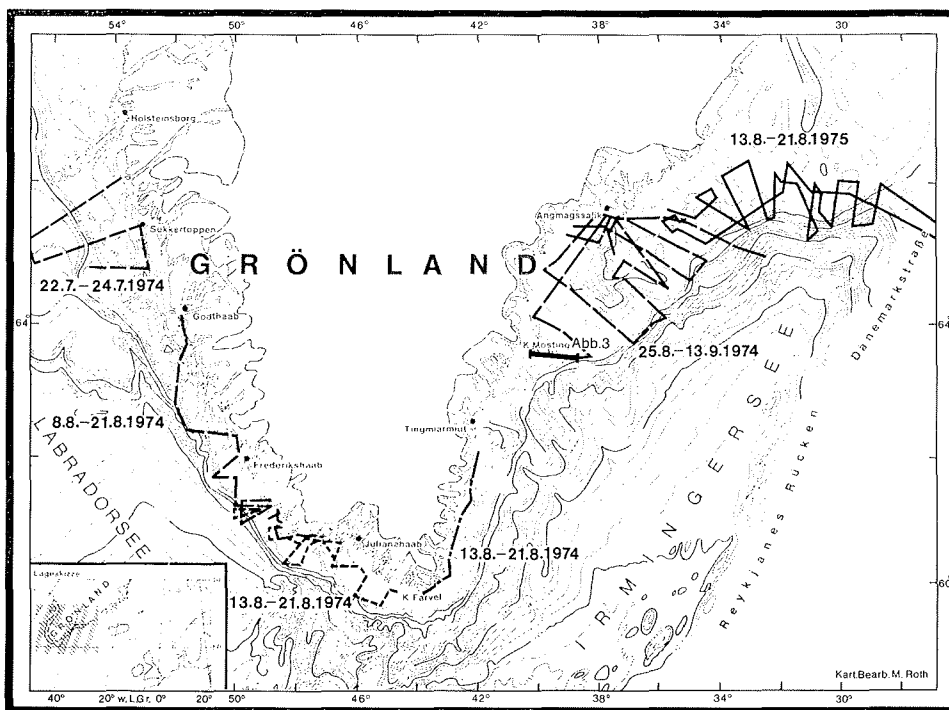


Abb. 2: Vermessungskurse des dänischen Forschungsschiffes „Tycho Brahe“, auf denen im Sommer 1974 und 1975 kontinuierliche Temperaturmessungen an der Meeresoberfläche durchgeführt wurden.

Fig. 2: Tracklines of continuous measurements of sea surface temperatures carried out aboard the Danish research vessel „Tycho Brahe“.

Als Meßfühler diente ein handelsübliches Pt-100-Widerstandsthermometer, dessen Widerstand sich im gewünschten Meßbereich von -5 bis $+10^{\circ}\text{C}$ proportional der jeweiligen Temperatur ändert. Der in eine Stahlhülse eingegossene Temperaturfühler war an der Bordwand unterhalb des Wasserspiegels befestigt. Der Widerstand des Thermometers wurde über eine Wheatstonesche Brückenschaltung gemessen und auf einem Potentiometerliniensreiber (Servogor S) kontinuierlich aufgezeichnet. Durch eine Eichung mit bekannten Temperaturen konnten die angezeigten Widerstandswerte als Temperaturwerte interpretiert werden. Der relative Meßfehler liegt unter $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$.

Die Kurse, auf denen die Temperaturen der Meeresoberfläche kontinuierlich aufgezeichnet wurden, sind in Abb. 2 dargestellt. Auf allen quer zum südgrönländischen Kontinentalrand verlaufenden Profilen konnte die thermische Grenze zwischen dem arktischen und atlantischen Wasser deutlich erfaßt werden.

Eine charakteristische Temperaturkurve im Bereich der ozeanischen Polarfront vor Südostgrönland ist in Abb. 3 wiedergegeben. Sie verdeutlicht mit dem starken Temperatursprung von $4,5^{\circ}\text{C}$ auf 4 km Entfernung den Übergang von dem polaren Kaltwasser- zu dem atlantischen Warmwasserbereich. Das über dem Schelf lagernde arktische Wasser des Ostgrönlandstromes weist Temperaturen zwischen $1,5$ bis $3,5^{\circ}\text{C}$ auf, während das meerwärts sich anschließende atlantische Wasser Temperaturen von $7,5$ bis 9°C zeigt. In Küstennähe wurden sogar negative Temperaturen von $-0,4^{\circ}\text{C}$ registriert.

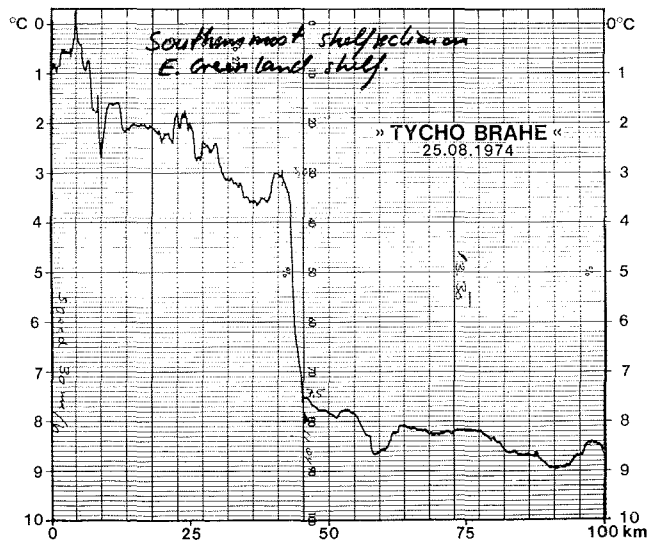


Abb. 3: Aufzeichnung der Meeresoberflächentemperatur im Bereich der ozeanischen Polarfront vor Südgrönland („Tycho Brahe“, 25. 8. 1974). Zur Lage vgl. Abb. 2.

Fig. 3: Original record of sea surface temperatures at the oceanic polar front off southern Greenland.

In Abb. 4 ist die Temperaturverteilung an der Meeresoberfläche für den Vermessungszeitraum August/September 1974 wiedergegeben, soweit das Vermessungsmaterial für eine flächenhafte Darstellung ausreicht. Dargestellt sind die 1°C -Isothermen im Seegebiet vor Angmagssalik an der grönländischen Südostküste sowie in der Julianehaab-Bucht vor der grönländischen Südwestspitze. Die Temperaturverteilung kann für jedes dieser zwei Untersuchungsgebiete als quasisynoptisch angesehen werden.

Die Isothermenkarte läßt deutlich den scharfen Temperatursprung zwischen dem kalten Arktis- und dem warmen Atlantikwasser erkennen. Vor Angmagssalik erhöht sich die Meeresoberflächentemperatur in meerwärtiger Richtung von 2° auf 8°C . Der horizontale Temperaturunterschied erreicht damit Werte von 6°C . In der Julianehaab-Bucht zeigt sich ein küstenwärtiges Temperaturgefälle von 5°C . Die Oberflächentemperaturen nehmen von 8°C am Schelfrand auf 3°C im küstennahen Schelfbereich ab.

In der Isothermenkarte drückt sich der Temperaturgradient in der Bündelung der Polarfront, d. h. in der Scharung der Isothermen aus. Im Seegebiet vor Angmagssalik ist die Polarfront weniger stark gebündelt als in der Julianehaab-Bucht, wo die Grenze zwischen den polaren und atlantischen Wassermassen an der Meeresoberfläche scharf ausgeprägt ist. Die Polarfront ist sowohl im Seegebiet vor Angmagssalik als auch vor Julianehaab durch einen wellenförmigen, mäandrierenden Verlauf gekennzeichnet. In der Julianehaab-Bucht zeichnet sich der Polarfront-Verlauf durch eine auffallende küstenwärtige Mäanderschwingung aus: Das warme Atlantikwasser schwenkt in die Julianehaab-Schelfrinne ein, die sich vom Küstenschelf vor Julianehaab bis zum Schelfrand erstreckt, und stößt über dieser Rinne weit küstenwärts vor. Im Seegebiet vor Angmagssalik dringt die Polarfront

in einem langgestreckten Mäanderbogen über der sogenannten nördlichen Sermilik-Rinne vom Schelfrand bis zur Schelfmitte vor. In einer südlich anschließenden, gleich langen Mäanderschleife pendelt sie über der südlichen Sermilik-Rinne, die den Schelfboden von Angmagssalik bis zum Außenschelf durchfurcht, wieder bis zum Schelfrand zurück. Über der nördlichen, flach wallförmigen Umrahmung der Sermilik-Rinne (Dan-Bank) weist die Polarfront eine meerwärtige Schwingung auf.

4. ZUR FRAGE DER TOPOGRAPHISCHEN STEUERUNG DER OZEANISCHEN POLARFRONT

Es stellt sich die Frage, ob sich aus der Lage der Polarfront und ihrer Mäander zum Meeresbodenrelief Hinweise auf eine topographische Steuerung ergeben.

Um mögliche Zusammenhänge zwischen Polarfront-Verlauf und Meeresbodenrelief zu erfassen, ist in Abb. 4 neben den Isothermen der Meeresoberflächentemperatur die Topographie des Meeresbodens vor Südgrönland als aufgerasterter hellgrauer Untergrund dargestellt.

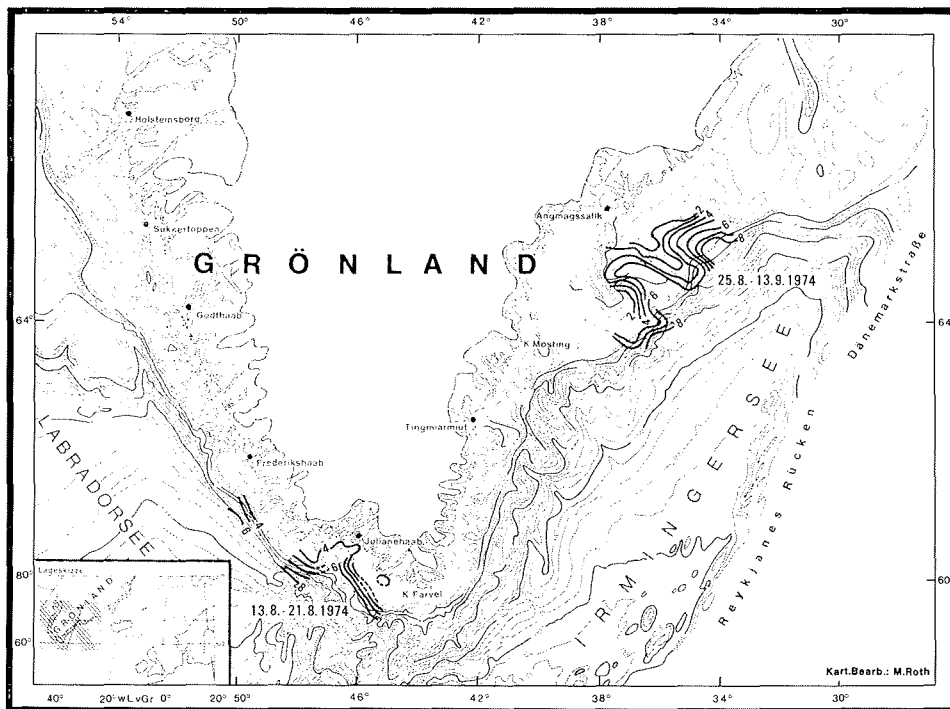


Abb. 4: Isothermenkarte der Meeresoberflächentemperaturen im Seegebiet vor Julianehaab und Angmagssalik (nach Messungen auf „Tycho Brahe“ im August/September 1974) mit gleichzeitiger Darstellung der Meeresbodentopographie (Entwurf: G. Sommerhoff).

Fig. 4: Distribution of sea surface temperatures off Julianehaab and Angmagssalik (south Greenland) combined with sea floor topography.

Zwischen der submarinen Topographie und der Lage der Polarfront lassen sich folgende räumliche Beziehungen feststellen:

1. Die Polarfront deckt sich in ihrer Lage, soweit man von den Mäanderschwingungen absieht, weitgehend mit dem Schelfrand. Das kalte Polarwasser ist auf den Schelfbereich beschränkt, während sich das warme Atlantikwasser meerwärts des Schelfrandes über dem Kontinentallhang anschließt.

2. Das warme Atlantikwasser dringt im Bereich der Schelfrinnen in Mäandern über den Außenschelf hinweg küstenwärts vor. Dieses küstenwärtige Vordringen der Polarfront ist sowohl bei der nördlichen Sermilik-Rinne im Seegebiet vor Angmagssalik als auch bei der Julianehaab-Rinne im Gebiet der Julianehaab-Bucht zu beobachten.

3. Über der südlichen Sermilik-Rinne zeigt sich dagegen ein meerwärtiges Ausgreifen kalter Wassermassen, was möglicherweise auf verstärkte Schmelzwasserzufuhr aus dem Fjordbereich um Angmagssalik zurückzuführen ist.

4. In der unterschiedlichen Bündelung der Polarfront scheint sich ein unterschiedlicher Einfluß des Meeresbodens auf die Polarfront auszudrücken: Je höher der Außenschelf mit seinen Schelfbänken aufragt, desto stärker ist die Polarfront gebündelt. So ist in der Julianehaab-Bucht, wo der Außenschelf sich mit seinen Bänken bis 100 m Wassertiefe erhebt, eine starke Bündelung der Polarfront zu beobachten. Dagegen ist die Polarfront im Seegebiet vor Angmagssalik, wo die Schelfbänke nur wenig über 200 m Meerestiefe aufragen, nur schwach gebündelt.

Diese Ergebnisse der räumlichen Koinzidenz zwischen Polarfront-Verlauf und Meeresbodenrelief lassen sich als Indizien für eine Beeinflussung der Polarfront durch den Meeresboden werten. Sie bestätigen die Aussagen von SOMMERHOFF (1974) zur Frage der topographischen Steuerung der ozeanischen Polarfront:

1. Die Polarfront ist in ihrer Lage an den Schelfrand mit seinen Schelfbänken orientiert.

2. Hoch (über 175 m Meerestiefe) aufragende Schelfbänke wirken gleichsam als Barriere, an der die Polarfront meerwärts abgedrängt und dabei stark gebündelt wird. Über den tieferen Schelfbänken ist nur eine schwache Bündelung der Polarfront zu registrieren.

3. Im Bereich der Schelfrinnen, wo der Schelfrand unter 300 m Meerestiefe abtaucht, kann die Polarfront ungehindert durch den Meeresboden der Rechtsablenkung der Coriolisbeschleunigung folgen und in mäanderähnlichen Schwingungen küstenwärts vorstoßen.

4. Die Lage der Mäander im Bereich der Schelfrinnen und ihr rasches Abklingen sprechen eher für eine topographische als für eine hydrodynamische Anregung.

5. FISCHEREI-WIRTSCHAFTLICHE BEDEUTUNG VON POLARFRONT-UNTERSUCHUNGEN

Untersuchungen über den Verlauf der ozeanischen Polarfront und seine topographische Beeinflussung sind nicht nur von wissenschaftlichem Belang, sondern auch von praktischem Interesse für die Fischerei vor Südgrönland. Die Schelfbänke und Schelfrinnen stellen bedeutende Fangplätze der Hochseefischerei dar. Die ozeanische Polarfront ist für den Nährstoff- und Fischreichtum dieser Fischgründe von besonderer Bedeutung: Die starke vertikale Turbulenz im Bereich der ozeanischen Polarfront bringt nährstoffreiches Wasser aus der Tiefe nach oben. Das führt zu einer starken Planktonentwicklung, die wiederum die Grundlage des Fischreichtums bildet.

Mit einer Verlagerung der Polarfront sind daher auch starke Änderungen der hydrographischen Bedingungen auf den Fischgründen verbunden, die sich auf die Ansammlung

von Nutzfischen und damit auf die Fangerträge der Fischerei auswirken. Daher kann ein besseres Verständnis der Zusammenhänge zwischen Polarfront-Verlauf und Meeresbodenrelief zu einer besseren fischereiwirtschaftlichen Nutzung der südgrönländischen Fischgründe beitragen.

Literatur

- Böhnecke, G., Föyn, B. & H. Wattenberg (1932): Beiträge zur Ozeanographie des Oberflächenwassers in der Dänemarkstraße und Irminger-See. — Ann. Hydrogr. u. marit. Meteor. 60.
- Braarud, T. (1935): The Ost-Expedition to the Denmark Strait 1929. — Hvalradets Skr. 10, Oslo.
- Dietrich, G. (1957): Schichtung und Zirkulation der Irminger-See im Juni 1955. — Ber. Dt. Wiss. Komm. Meeresforsch. 14: 255—312.
- Dietrich, G. (1964): Oceanic Polar Front Survey in the North Atlantic. — In: Research in Geophysics, 2: 291—308.
- Dietrich, G. (1969): Atlas of the hydrography of the Northern North Atlantic. Based on the Polar Front Survey of the Internat. Geophys. Year, 1958. — Charlottenlund: Cons. Internat. Explor. Mer, 140 Kt.
- Dietrich, G. & I. M. Gieskes (1968): The Oceanic Polar Front in the waters off the east coast of Greenland in August 1966. — Ann. Biol. 23: 20—22, Kopenhagen.
- Dunbar, M. J. (1951): Eastern arctic waters. — Bull. Fish. Res. Board Can. 88.
- Irminger, C. (1854): Über Meeresströmungen. — Z. Allg. Erdkde. 3.
- Sommerhoff, G. (1974): Die ozeanische Polarfront des Ostgrönlandstromes und die Frage ihrer Steuerung durch die submarine Topographie. — Dt. Hydrogr. Z. 27: 114—121.
- Thomsen, H. (1934): Danish hydrological investigations in the Denmark Strait and the Irminger Sea during the years 1931, 1932 and 1933. — Rapp. et P. V. Cons. Internat. Explorat. Mer 86, Kopenhagen.