



UMSCHAU

in Wissenschaft und Technik

Sonderdruck

„Wissen ist Macht!“ Dieser Ausspruch des englischen Philosophen Francis Bacon vor 400 Jahren ist heute berechtigter denn je. Deshalb kommt heute der UMSCHAU eine wichtige Funktion zu, indem sie vor allem den Wissenschaftlern aller Fachrichtungen, aber darüber hinaus auch der engagierten Öffentlichkeit die Möglichkeit bietet, an den Fortschritten der Wissenschaft als Beobachter teilzuhaben.

Sie sind ein ausgezeichnete Fachmann. Ein Experte beispielsweise auf einem speziellen Gebiet der Biochemie, der Astrophysik oder der elektrischen Nachrichtentechnik. Natürlich wissen Sie, daß es daneben noch viele andere Wissensgebiete und Forschungszweige gibt, die von Bedeutung für unseren Alltag, für das Überleben der Menschen auf dieser Erde, für die Versorgung der Bevölkerung in Nord und Süd mit den notwendigen Gütern sind – oder über die man einfach Bescheid wissen sollte.

Aber es fehlt Ihnen die Zeit, sich in der einschlägigen Fachliteratur mit den jüngsten Ergebnissen der Forschung auf Nachbardisziplinen vertraut zu machen. Schade, denn Sie könnten daraus sicher die eine oder andere Anregung für Ihre eigene Arbeit schöpfen, da doch alle Forschung mehr und mehr interdisziplinären Charakter annimmt.

- **Hier ist die UMSCHAU eine unentbehrliche Hilfe:**
- **Wissenschaftlich exakt, transparenter Stil, zuverlässige und aktuelle Berichterstattung.**

Wenn Sie diesen Sonderdruck gelesen haben, dann können Sie sich ein Bild machen von der Art, wie die UMSCHAU über neue Entwicklungen und Fortschritte auf Ihrem eigenen Fachgebiet berichtet. Wenn Sie wissen wollen, was Ihnen die UMSCHAU auf anderen Wissensgebieten zu bieten hat, dann füllen Sie bitte den umseitigen Coupon aus und schicken ihn recht bald ein.

Zunächst aber wünschen wir Ihnen eine angenehme Lektüre des hier vorgelegten Aufsatzes.

Ihr
Umschau Verlag

Der antarktische Wasserring – die bedeutendste Quelle der Weltmeere

■ Zirkumpolarstrom / Drake-Straße / Antarktis / Bodenwasserbildung / Polarfront / ISOS

Der Zirkumpolarstrom gehört zum antarktischen Wasserring, dem größten zusammenhängenden Stromsystem des Weltmeeres. Besondere Bedeutung gegenüber allen anderen Meeresströmungen bekommt der Zirkumpolarstrom dadurch, daß sein Verlauf durch keine kontinentalen Barrieren gehemmt wird. Er verbindet zudem alle drei Ozeane miteinander und wird durch überwiegend stürmische Winde aus westlicher Richtung mit Streichlängen von mehreren tausend Kilometern angefacht. Eines der erklärten Ziele der International Southern Ocean Studies (ISOS) ist die meßtechnische Erfassung und Beschreibung der internen Struktur des Zirkumpolarstromes und seine Wechselwirkung mit der allgemeinen Zirkulation des Weltmeeres [1].

Zu Beginn des mehrjährigen ISOS-Programms wurden 1975 im Bereich der Drake-Straße zahlreiche Strömungs- und Temperaturmeßgeräte in verschiedenen Tiefen des Ozeans verankert, von denen die meisten ein Jahr lang registrierten. Diese Messungen des First Dynamic Response and Kinematic Experiment (F DRAKE) wurden durch mehrere Serien von hydrographischen Stationen längs der Verbindungslinie Kap Hoorn-Antarktische Halbinsel und umgekehrt ergänzt. Erste Ergebnisse liegen jetzt vor.

Die schon 1923 von Meinardus aufgrund der Ergebnisse der Deutschen Südpolar-Expedition (1901 bis 1903) ausgesprochene Vermutung, der zirkumpolare Strom (Bild 1) sei in der Drake-Straße in schmale Bänder gegliedert, konnte bestätigt und präzisiert werden. Die Analyse der einjährigen Strömungsmessungen erlaubt eine gesicherte Angabe des Volumentransports innerhalb des Zirkumpolarstromes: Er wird im lokalzeitlichen Mittel mit 139 ± 36 Mio. Kubikmeter pro Sekunde (oder $10^6 \text{ m}^3/\text{s}$) nach Osten angegeben [2]. Ein Gegenstrom in 2700 m Tiefe wurde unterhalb des subantarktischen Wassers regelmäßig beobachtet.

Ob diese neuen Ergebnisse auf andere antarktische Regionen übertragen werden können, ist sorgfältig zu prüfen, da die Drake-Straße eine Sonderstellung im antarktischen Wasserring einnimmt: Sie ist die schmalste Stelle und im Australsommer weitgehend eisfrei.

Besonders attraktiv für Forschungsfahrten ist die Drake-Straße deshalb, weil die meisten Effekte des zirkumpolaren Stromsystems (Bild 2) durch die Einschnürung verstärkt werden und damit leichter meßtechnisch erfaßbar sind.

Außerdem ist die Drake-Straße wegen ihrer relativen Landnähe aus logistischen Gründen bevorzugt.

In hohen geographischen Breiten, wo die gesamte Wassersäule durch die Kalt-

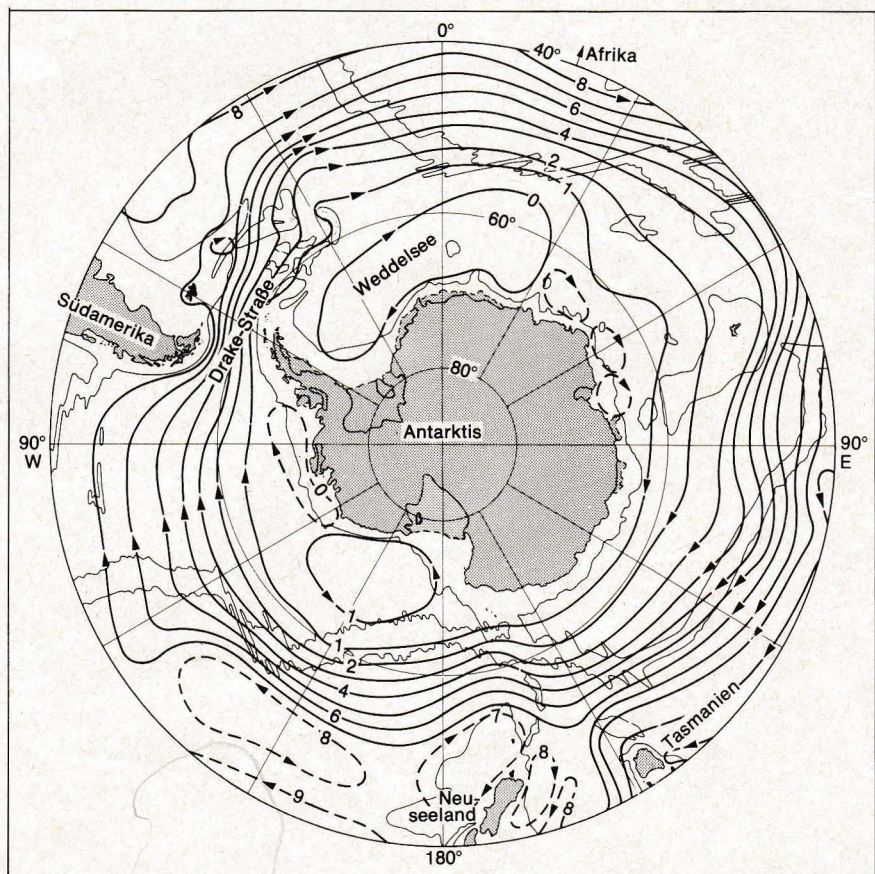
wassersphäre gebildet wird, kommt es lokal besonders im Winter durch starke Abkühlung des Salzwassers an der Meeresoberfläche zur Bildung von spezifisch schwerem Wasser, gemessen an den Wassermassen der Umgebung. Die Folge ist eine Absinkbewegung des sauerstoffreichen kalten Oberflächenwassers, die oft bis zum Boden reicht. Sie stellt einen Teil der thermischen Zirkulation des Weltmeeres dar. Aus Gründen der Kontinuität muß das äquatorwärts sich ausbreitende Bodenwasser durch eine polarwärts ge-

richtete Komponente ersetzt werden. Diese Wassermasse nennt man das Tiefenwasser.

Im antarktischen Wasserring liegen die bedeutsamsten Quellen für die Bodenwassererneuerung der Weltmeere. Direkte Kenntnisse sind aber durch die besonders im Winter nicht erreichbaren Quellen und durch die Schwierigkeit der wenig erforschten Wechselwirkungen zwischen Atmosphäre, Meer und Eis äußerst lückenhaft. Unsere Kenntnisse basieren fast ausschließlich auf indirekten Methoden.

Eine Ausnahme bilden die letztjährigen Beobachtungen in der Weddell-See [3]. Man fand während einer großräumigen hydrographischen Aufnahme im Südatlantik eine charakteristische Diskontinuität in den hydrographischen Parametern (Bild 3). Die gleichförmig horizontale sommerliche Schichtung wurde plötzlich durch eine vertikal vermischte Säule kalten, salzarmen Wassers mit hohem Sauer-

Bild 1: Der Zirkumpolarstrom (Pfeile mit Linien): deutlich sichtbar die Einschnürung im Bereich der Drake-Straße.



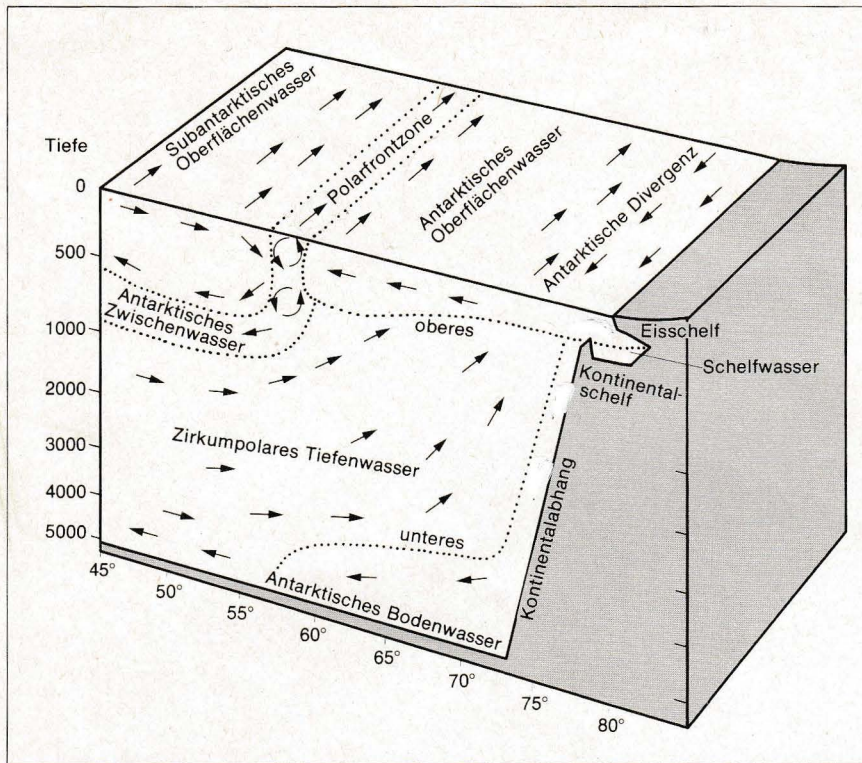
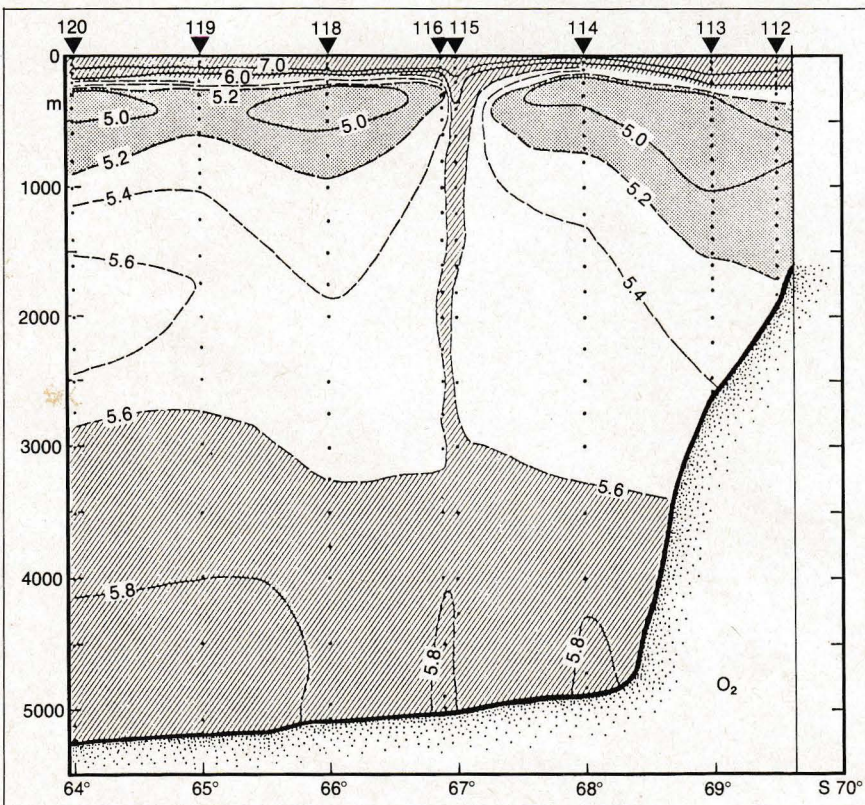


Bild 2: Blockdiagramm eines schematisierten Meridionalschnittes durch den antarktischen Wasserring. Die Pfeile symbolisieren die mittlere Zirkulation, wie sie aufgrund von Wärme- und Massentransporten sowie aus dem Windschub an der Meeresoberfläche sich berechnen lassen (nach: Gordon und Goldberg, 1970).

Bild 3: Isophetendiagramm des im Wasser gelösten Sauerstoffs in ml/l im Bereich des Maud-Rückens (Weddell See) im Februar 1977. Auffallend ist die tiefgreifende sauerstoffreiche Säule bei Station Nr. 115, die sich durch tiefreichende Vertikalvermischung im Südwinter 1976 erklären läßt. Der Durchmesser des Wirbels, der hier im Querschnitt zu sehen ist, betrug während der Messung ca. 14 km (nach Gordon, 1978).



stoffgehalt unterbrochen. Der eingeschlossene Wasserkörper (Durchmesser 14 km, vertikale Ausdehnung 4 km) ist vermutlich ein Überbleibsel der vorjährigen winterlichen Vertikalzirkulation, wie er charakteristisch für die Wassererneuerung ist. Ein vergleichbares Phänomen mit ähnlicher Dynamik ist früher im Golf von Lion beobachtet und beschrieben worden [4, 5].

Ebenso ergänzungsbedürftig wie das Bild der Bodenwasserbildung im offenen Ozean ist das der Vertikalzirkulation unter dem Schelfeis am Kontinentalabhang des antarktischen Festlandes. Es gibt neuerdings Hinweise darauf [6], daß die im Tiefenwasser polwärts transportierte Wärmemenge fast ausreicht, um die atmosphärischen Wärmeverluste in hohen Breiten zu kompensieren. Unter der Voraussetzung, daß die in der Drake-Straße erhaltenen Meßergebnisse auf den gesamten antarktischen Wasserring anwendbar sind, folgt zwangsläufig eine notwendige Reduzierung der bis vor kurzem angenommenen Bildungsrate von Bodenwasser von 38 auf $6 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{s}$.

Zu den auffälligsten Erscheinungen in der antarktischen Ozeanographie gehört die Polarfront (Bild 4). Sie trennt die Warmwassersphäre im Norden von der Kaltwassersphäre im Süden. Die Front verlagert sich in Zeiträumen von einigen Tagen, ihre Abweichung von der Mittellage beträgt häufig nur wenige 10 km [7].

Gegenstand mehrerer Untersuchungen des ISOS-Programms war das Studium von Vermischungsvorgängen im Bereich der ozeanischen Polarfrontzone, wo man den alleinigen Entstehungsort des subantarktischen Zwischenwassers annahm. Das Zwischenwasser hat wie das Bodenwasser eine äquatorwärts gerichtete Meridional Komponente der Bewegung. Es ist durch geringeren Salzgehalt gekennzeichnet und wird ähnlich wie das Bodenwasser im Gesamtbild der thermo-halinen Zirkulation des Ozeans durch Tiefenwasser ersetzt. Seit kurzem werden zwei prinzipiell unterschiedliche Entstehungsarten für das Zwischenwasser diskutiert:

1. Im westlichen Südpazifik entsteht nördlich der Polarfront, in einem Gebiet mit starkem Niederschlagsüberschuß, eine Wassermasse, die durch zonalen Transport in die Drake-Straße gelangt. Dort weist dieses Wasser exakt dieselben Temperatur-Salzgehaltsbeziehungen auf, wie sie das Zwischenwasser beim Absinken an der Polarfront nach klassischer Lehrmeinung besitzt [8].
2. Mehrfach sind Wirbelablösungen von der Polarfront beobachtet worden, die große Wassermassen in das jeweils entgegengesetzte „Lager“ transportie-

ren. Der Fall eines warmen Wirbels im antarktischen Bereich konnte kürzlich mit Hilfe von Satellitenbeobachtungen nachgewiesen werden [9].

Die unbeantworteten Fragen sind selbst im Bereich der relativ gut untersuchten Polarfront zahlreich: Wie groß ist der Netowärmetransport, der durch sich aus der Polarfront ablösende warme und kalte Wirbel verursacht wird? Wie häufig treten diese Wirbel auf? Kommt es durch topographische Hindernisse, wie z. B. den Südtillen-Rücken, zu einer Wiedervereinigung von Wirbeln und Polarfront? Welcher Anteil bei der Zwischenwasserbildung ist der bedeutsamere: Der frontparallele oder der frontnormale Zustrom?

In dieser gerafften Mitteilung sind überwiegend neuere amerikanische Forschungsergebnisse der physikalischen Meereskunde des südlichen Ozeans vorgestellt worden. Das sollte jedoch nicht darüber hinwegtäuschen, daß gerade in jüngster Zeit die jahrzehntlang brachliegende deutsche Erforschung antarktischer Gewässer mit ihren Krillexpeditionen 1975/76 und 1977/78 große Fortschritte, insbesondere auf dem Gebiete der biologischen Disziplinen gemacht hat [10]. Schließlich sei an einen Spezialzweig internationaler Seetouristik erinnert, der Reisen zur antarktischen Halbinsel durch die Drake-Straße möglich macht und dabei hilft, das uns so fernliegende Seegebiet — wenn auch nicht wissenschaftlich — näher zu bringen.

Der antarktische Wasserring — die bedeutendste Quelle der Weltmeere. UMSCHAU 78 (1978) Heft 19, S. 607—609.

Summary:

New research results from the Antarctic Ocean. During the last few years a growing scientific interest in antarctic oceanography has been manifested by the performance of the longterm International Southern Ocean Studies (ISOS). In this note we present a short review of current problems in physical oceanography of the Southern Ocean. The paper deals with recent observations from the Drake Passage related to the antarctic circumpolar current system, and the formation of bottom and intermediate water, as well as with studies of the polar frontal zone.

Literatur:

1. National Academy of Sciences: Southern Ocean Dynamics. A Strategy for Scientific Exploration 1973-1983, Washington, D.C., 1974
2. Bryden, H.L.; Pillsbury, R.D.: Variability of deep flow in the Drake Passage from year-long current measurements. J. Phys. Oceanogr. (1977) S. 803-810.
3. Gordon, A.L.: Deep antarctic convection west of Maud Rise. J. Phys. Oceanogr., Juli 1978.

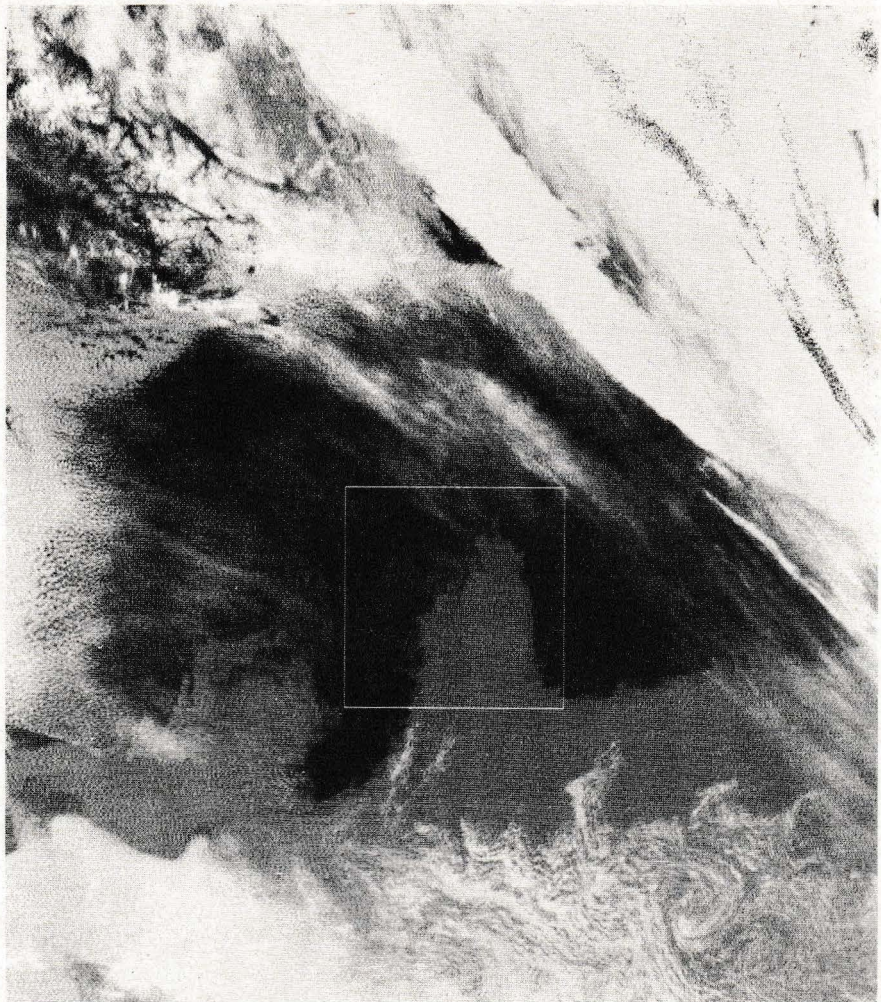


Bild 4: Das Satellitenphoto vom 7. Oktober 1976 aus der Drake-Straße zeigt rechts oben Wolkenfelder. Im Bereich des Kastens (Zentrum bei 57° S, 63° W, Seitenlänge etwa 200 km) liegt die Polarfront- oder die antarktische Konvergenzzone. Im vorliegenden Falle mäandriert die Front. Wärmeres subantarktisches Wasser (dunkle Schattierung) ragt weit nach Süden vor, während weiter östlich eine Zunge kalten antarktischen Oberflächenwassers nach Norden vordringt. Aus solchen Ausbuchtungen können sich Wirbel ablösen, die zum Wärme- und Massentransport quer zur Polarfront beitragen. Der Temperatursprung an der Front zwischen der schwarzen und der grauen Fläche beträgt hier ein halbes Grad C pro Kilometer. Am unteren Rand erkennt man links den Eisrand der Antarktis und rechts riesige Eistreibfelder. (Die Aufnahme wurde freundlicherweise von R. Legeckis, National Oceanic and Atmospheric Administration, Washington, D.C. zur Verfügung gestellt.)

4. MEDOC Group: Observation of formation of deep water in the Mediterranean Sea, 1969. Nature, 227 (1970) Nr. 5262, S. 1037-1040.
5. Stommel, H.: Deep winter-time convection in the western Mediterranean Sea. In: Studies in Physical Oceanography, II, A.L. Gordon (Ed.), Gordon and Breach, N.Y., (1972) S. 207-218.
6. Bryden, H.L.: Poleward heat flux and conversion of available potential energy in the Drake Passage, zum Druck in J. Phys. Oceanogr. eingereicht, 1978.
7. Hayes, S.P.; Zenk, W.: Moored temperature time series in the polar front zone during F DRAKE, 1976. Antarc. J. of the U.S. 10 (1977) S. 50-51.
8. McCartney, M.: Subantarctic mode water. Deep-Sea Res. A voyage of Discovery,

George Deacon 70th Anniversary Vol. Suppl. vol. (1977) S. 103-119.

9. Legeckis, R.: Oceanic polar front in the Drake Passage — satellite observations during 1976, Deep-Sea Res., 24, (1977) S. 701-704.
10. Antarktis Expedition 1975/76 der Bundesrepublik Deutschland Arch. Fisch. Wiss., Bd. 29, Beiheft 1, 1978.

Dr. W. Zenk,
 Institut für Meereskunde an der
 Universität Kiel,
 Abt. Meeresphysik,
 Düsternbrooker Weg 20,
 2300 Kiel 1