

<b>FACIES</b>	<b>17</b>	<b>99-108</b>	<b>--</b>	<b>7 Abb.</b>	<b>1Tab.</b>	<b>ERLANGEN 1987</b>
---------------	-----------	---------------	-----------	---------------	--------------	----------------------

2. Tagung deutschsprachiger Sedimentologen, Heidelberg 1987

## Fazielle Gliederung glazialmariner Sedimente in der Antarktis

### Facies Classification of Glacio-Marine Sediments in the Antarctic

Hannes Grobe, Bremerhaven

**SCHLÜSSELWÖRTER:** PALÄOKLIMATOLOGIE - STRATIGRAPHIE - EISFRACHT - KORNGROSSEN - TONMINERALE  
- ANTARKTIS - PLEISTOZÄ,

#### ZUSAMMENFASSUNG

Während der Antarktisexpeditionen ANT I - IV mit FS POLARSTERN wurde eine gezielte Beprobung ungestörter Bereiche des Kontinentalhanges der östlichen Weddell See durchgeführt. Sedimentkerne von 12 Stationen auf zwei Profilen vor Kapp Norvegia und der Atka Bucht wurden stratigraphisch und sedimentologisch bearbeitet. Die Kerne durchteufen pleistozäne Sedimente mit Alter bis zu 1 Mio. Jahre. Die sedimentologischen Parameter erlauben eine Gliederung der Kontinentalhang-Sedimente in mehrere Faziestypen, die unterschiedlichen Ablagerungsräumen zugeordnet werden können. Die Faziesabfolge läßt sich nach der stratigraphischen Einstufung mit den pleistozänen Klimazyklen korrelieren, so daß die spezifischen Sedimentationsverhältnisse im Untersuchungsgebiet während der entsprechenden Klimagezeiten rekonstruiert werden können.

#### SUMMARY

During the Antarctic expeditions ANT I - IV with FS POLARSTERN a program of sampling was carried out at specific locations in order to get samples from undisturbed parts of the continental slope in the eastern part of the Weddell Sea. Sediment cores from 12 locations along two profiles off Kapp Norvegia and off Atka Bay were sedimentologically and stratigraphically analysed. The sediments are up to 1 mio. years old. The sedimentological Parameters allow a classification of different

facies of the slope sediments, which can be related to different depositional environments and conditions. It is possible to correlate these facies stratigraphically with Pleistocene climatic cycles so that specific sedimentation conditions during climatic periods can be reconstructed.

#### 1 EINFÜHRUNG

Die pleistozanen Klimazyklen, die weitgehend durch die Veränderung der Erdbahnparameter gesteuert werden (MILANKOVITCH, 1941, HAYS et al. 1984), konnten weltweit in marinen Sedimenten durch die Messungen stabiler Sauerstoffisotope an Foraminiferen nachgewiesen werden (PRELL et al. 1986). Neben paläoklimatischen Interpretationsmöglichkeiten steht hiermit ein geeignetes Hilfsmittel zur stratigraphischen Einstufung von Sedimenten der palaomagnetisch nicht weiter aufzulösende Brunhes-Epoche (0 - 730 000 a) zur Verfügung. In den Sedimenten des antarktischen Ozeans fand diese Methode aufgrund der geringen oder ganz fehlenden Karbonatgehalte keine Verwendung. Vorwiegend sedimentologische und mikropaläontologische Parameter wurden zu paläoklimatologische Fragestellungen herangezogen (ANDERSON 1972, FRAKES 1978, FILLON 1977, KENNETT 1970). Der Schwerpunkt der sedimentologischen Arbeiten liegt hierbei auf der Rekonstruktion rezenter und damit interglazialer Ablagerungsbedingungen und -prozesse (ANDERSON et al. 1983, DOMACK 1982, DREWRY & COOPER 1981, FISCO 1982, ORHEIM & ELVERHOI 1981).

Erste sedimentologische und mikropaläontologische

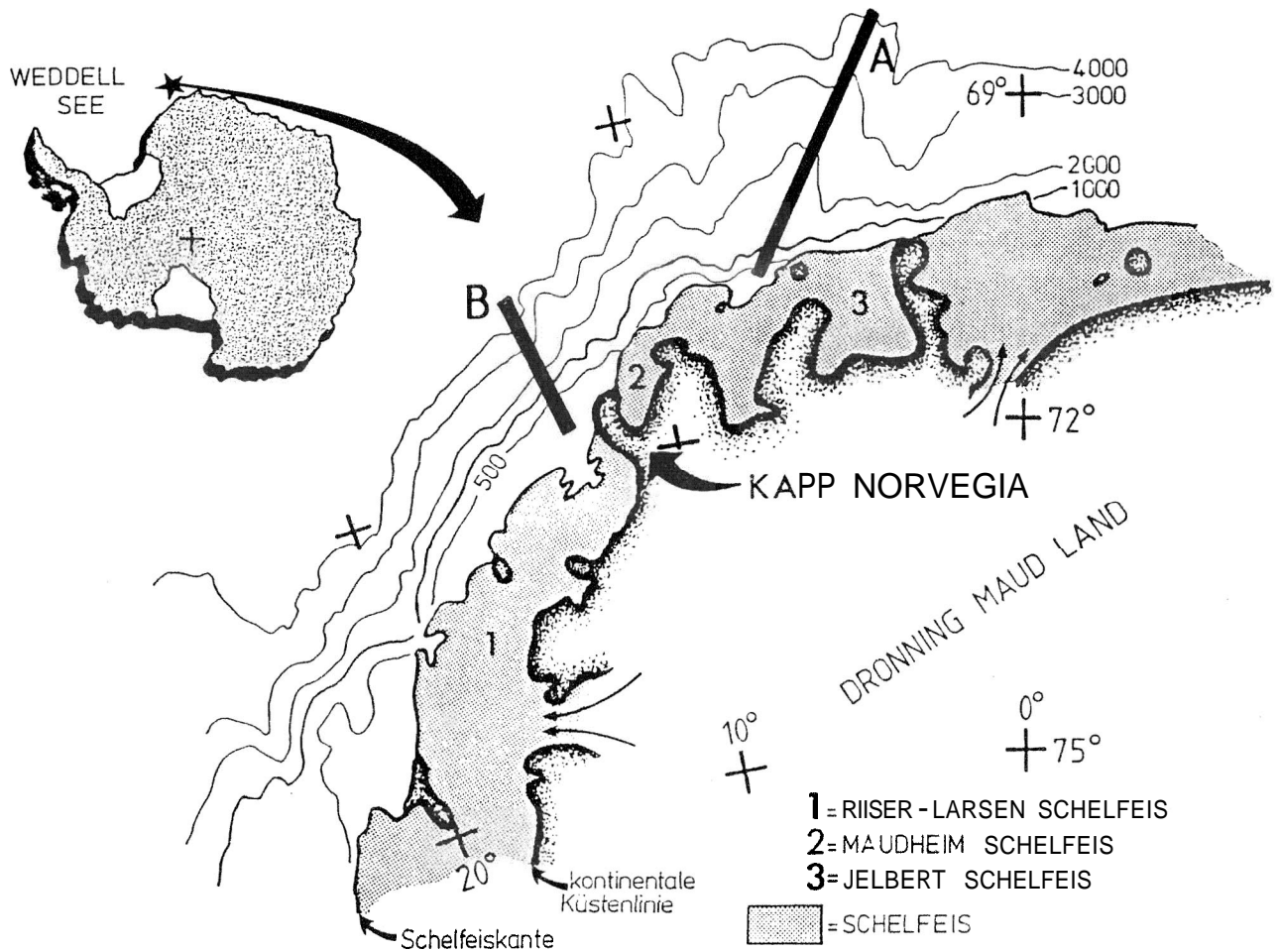


Abb. 1. Lage der Kernprofile am antarktischen Kontinentalrand der östliche Weddell See. Die hangnormalen Profile beginnen auf dem Schelf vor Kapp Norvegia und der Atka Bucht und reichen mit einer Länge von 100 km bzw. 215 km bis in den Tiefseebereich.

Location of core profiles at the Antarctic continental margin in the eastern Weddell Sea. The profile, running normally to the slope, start on the shelf off Kapp Norvegia and off Atka Bay and extend 100 km and 215 km respectively down to the deep sea basin.

Analysen im Bereich der Weddell See wurden von ANDERSON (1972) durchgeführt. Zwar ermöglichte sie paläoklimatische Interpretationen der letzten 5 Mio. Jahre mit einer hohen Auflösung der letzten 350 000 Jahre, doch konnte keine eindeutige Korrelation mit den Klimazyklen nachgewiesen werden. In weiteren Arbeiten wurde der Kontinentalhang der Weddell See vorwiegend unter dem Gesichtspunkt des Sedimenttransportes untersucht (ANDERSON et al. 1979, KURTZ & ANDERSON 1979, WRIGTH & ANDERSON 1982, FISCO 1982). ebenfalls auf den Hangbereich konzentrieren sich die Arbeiten zur Rekonstruktion rezenter Sedimentationsverhältnisse sowie zu Bewegungen der Eisschelfe während des letzten glazialen Maximums (ELVERHOI & ROALDSET 1983, ELVERHOI 1981).

Verhalten und Wechselwirkungen von kontinentalem Eis, Meereis, Meeresspiegel und Meeresströmungen im Grenzbereich Schelfeiskante/offener Ozean während der Klimazyklen im Pleistozän sind zur Zeit noch offenen Fragen. Ziel der vorliegenden Arbeiten soll daher eine Rekonstruktion der spezifischen quartären Sedimentations-

Prozesse am antarktischen Kontinentalhang im Bereich der östliche Weddell See sein. Eine Interpretation der pleistozänen Sedimentabfolge im Hinblick auf das paläoklimatisch gesteuerte Verhalten der antarktischen Hydrosphäre und Kryosphäre im Grenzbereich Schelfeiskante/offener Ozean soll versucht werden.

## 2 METHODIK

### 2.1 UNTERSUCHUNGSGEBIET

Der antarktische Kontinentalhang zeichnet sich als Untersuchungsgebiet gegenüber den Tiefseebereichen dadurch aus, daß auch geringfügige Veränderungen der durch die Fluktuationen der Schelfeiskante beeinflusste Sedimentation dokumentiert werden und Karbonat im Meerestiefen eine untergeordnete Rolle spielt. Die Rekonstruktion paläoklimatischer Sedimentationszyklen läßt sich daher besonders gut an den Bereichen des Kontinen-

AWI-Nr.	Gerat	geogr. Breite	geogr. Länge	Tiefs (m)	Kern (cm)
1006-1	SL	71°29,5' S	13°16,3' W	234	55
1265-1	KG	71°21,1' S	13°24,5' W	229	26
1023-1	SL	71° 8,3' S	13°36,2' W	1826	700
1021-1	SL	70°56,5' S	13°39,2' W	2225	927
1005-1	SL	70°51,1' S	13°42,9' W	2422	575
1287-1	KG	70°49,6' S	13°47,3' W	2504	58
1224-1	SL,KG	70°37,1' S	13°58,2' W	2756	1000
1387-3	SL,KG	68°43,9' S	5°50,2' W	2425	1040
1388-3	SL,KG	69° 1,8' S	5°53,5' W	2521	1238
1431-1	SL	69°49,2' S	6°35,3' W	2457	935
1394-4	SL,KG	70° 5,1' S	6°40,9' W	1938	910
1392-1	SL	70°11,8' S	6°43,5' W	1794	630

Tab. 1. Kernlocationen auf den Profilen vor Kapp Norvegia und der Atka Bucht mit Wassertiefen und Kernlänge (SL = Schwerelot, KG = Kastengreifer).

Positions of cores on the profiles off Kapp Norvegia and Atka Bay with water depth and length of core (SL = gravity corer, KG = box corer).

talhanges durchföhredie eine kontinuierliche und ungestörtSedimentation aufweisen und gleichzeitig im Einflußbereich einer oszillierendenSchelfeiskante liegen. Diese Vorzweigweist das Untersuchungsgebiet am Kontinentalrand der ÄstlicheWeddell See auf. Die zwei beprobten hangnormalen Profile beginnen vor der Atka Bucht und vor Kapp Norvegia (Abb. 1).

Die morphologische Gliederung des Hanges mit einer etwa 100 km breiten Terrasse zwischen 2000 und 3000 m Wassertiefe ermöglichter die Entstehung weitgehend ungestörteSedimentabfolgen. Eine flachseismische Vorerkundung der Profile mit Sedimentechograph und Fächerlot stellte eine Beprobung dieser ungestörte Bereiche sicher.

## 2.2 PROBENNAHME

Die Kementnahme erfolgte mit Hilfe eines Schwerelotes (1,5 t) von 5 - 15 m Länge (SL). Die durch die Probennahme zerstörteSedimentoberfläche wurde durch parallel entnommene, ungestörteProben eines Großkastengreifens (KG) ergänzt (Tab. 1).

Von den zur Beprobung längsaufgeschnittenen Kernen wurden Radiographien zur Auswertung der Sedimentstrukturen und zur Bestimmung des Eisfrachtanteils angefertigt. An Proben mit einem mittleren Abstand von 5000 - 10000 Jahren wurden weitere sedimentologische Parameter bestimmt (Korngrößenverteilungorganisch und karbonatisch gebundener Kohlenstoff, Wassergehalt, Tonmineralvergesellschaftung der Fraktion < 2 µm, Komponentenverteilung in der Sandfraktion). Die Bearbeitung wurde nach Standardmethoden durchgeführt (GROBE 1986b). Eine stratigraphische Einstufung der Sedimente erfolgte durch <sup>230</sup>Th-Datierungen (MANGINI

unpubl. Daten), Paläomagnetik und einer fähdas Untersuchungsgebiet neu aufgestellten **Karbonatstratigraphie** (GROBE & KUHN 1986, GROBE & SPIES 1987).

## 3 FAZIELLE GLIEDERUNG DER SEDIMENTE

Die Bestimmung der genannten sedimentologischen Parameter ermöglichte eine Klassifizierung von sechs verschiedenen Sedimentfazies, die entsprechenden Ablagerungsräume und -bedingungen und stratigraphisch den einzelnen Klimastadien zugeordnet werden können. Eine fazielle Gliederung erfolgte nach der Korngrößenverteilung mit der Kiesfraktion als Maß für den Anteil eistransportierten Materials, durch die Tonmineralvergesellschaftungen mit den drei vorwiegend auftretenden Tonmineralen Illit, Montmorillonit und Chlorit, nach den Gehalten an biogenen Komponenten, sowie durch die in den Radiographien beobachteten Sedimenttexturen (Abb. 2). Die Nomenklatur der Fazies erfolgte nach charakteristischen Parametern bzw. Ablagerungsbedingungen.

### 3.1 SCHELF-FAZIES

Die Sedimentanlieferung auf dem Schelf erfolgt ausschließlich durch Eisberge direkt vom Kontinent. Die bis 4 Phi gleichförmig Sedimentverteilung ist an den feineren Korngrößenklassen verarmt, da der Kästenstrodie Sedimentation der feineren Eisfrachtkomponente kontrolliert. Ein Teil kommt aufgrund der hohen Strömungsgeschwindigkeiten nicht zur Sedimentation und wird ins tiefere Wasser abtransportiert. In den Tonmineralassoziationen sind die Chloritgehalte deutlich höher als im Hangbereich, bedingt durch die chlorithaltigen Gesteine im Hinterland des Untersuchungsgebietes. Biogene Partikel tragen nur geringfügig zur Sedimentbildung bei. Eine Schwammfauna liefert den Opalanteil, ein geringer Karbonatgehalt aus Bryozoen-, Mollusken-, Echinodermen- und Korallenfragmenten ist für diese Fazies typisch (ANDERSON et al. 1983). Die beschriebenen Sedimente sind, entsprechend ihrer Korngrößenverteilung und ihres biogenen Inhalts, als residualer Paratill zu bezeichnen (ANDERSON et al. 1980).

### 3.2 MORÄNENFAZIES

Im oberen Hangbereich fallen vereinzelt Sedimenthorizonte durch Farbe, Textur, Korngrößenverteilung und Mineralogie auf. Die dunkelgrauen Horizonte zeigen in den Radiographien eine Wechsellagerung von Ton-, Silt- und Sandlagen mit Gradierung, an der Basis häufig begrenzt durch Kieslagen. Die Tonmineralassoziationen entsprechen mit hohen Chloritgehalten denen der Schelfsedimente. Hohe Gehalte an organischer Substanz lassen auf eine schnelle Sedimentation schließen.

Der Vergleich der Hangfazies mit den Schelfsedimenten zeigt, daß es sich hier um Sedimente vom Schelf handelt. Die stratigraphische Zuordnung stellt diese Hori-



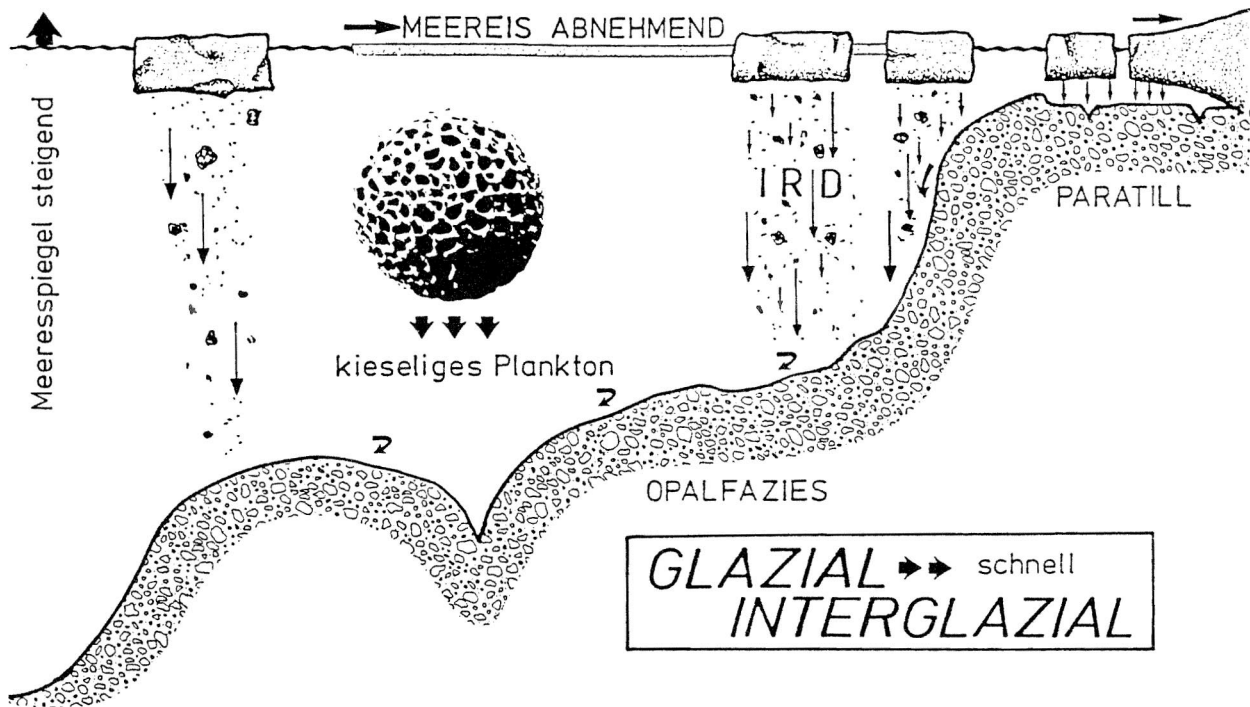


Abb. 3. Sedimentationsverhältnisse während des Überganges vom Glazial zum Interglazial.  
Sedimentation conditions during the transition from glacial to interglacial.

3.5 OPALFAZIES

Der relativ kurze Übergangsbereich von einer Glazial- zu einer Interglazialfazies wird durch einen Faziestyp gekennzeichnet, der sich in seiner terrigenen Zusammen-

setzung nur unwesentlich von der Interglazialfazies unterscheidet. Die Kornverteilung kann ein geringfügig größeres Spektrum aufweisen, in Schelfnähe steigen die Eisfrachtgehalte an, der Gehalt an Montmorillonit ist gering. Charakteristisch für diese Fazies sind kieselige

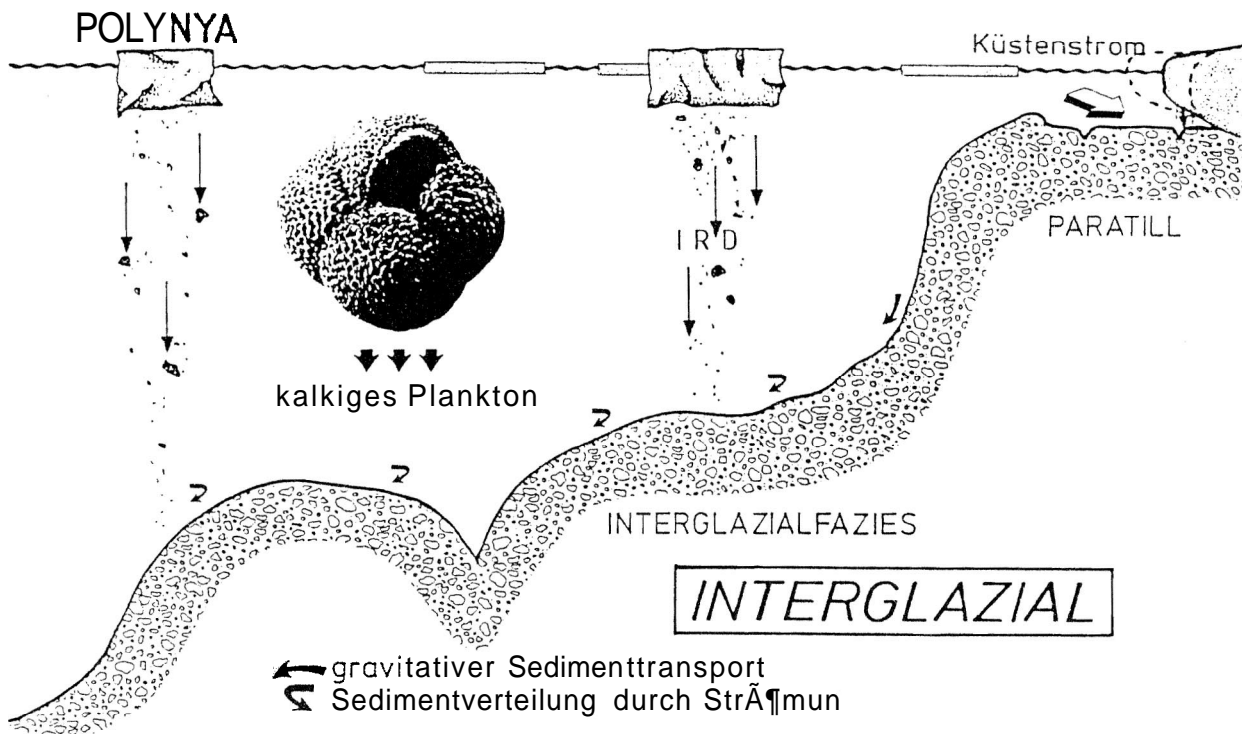


Abb. 4. Sedimentationsverhältnisse während eines Interglazials.  
Sedimentation conditions during an interglacial stage.

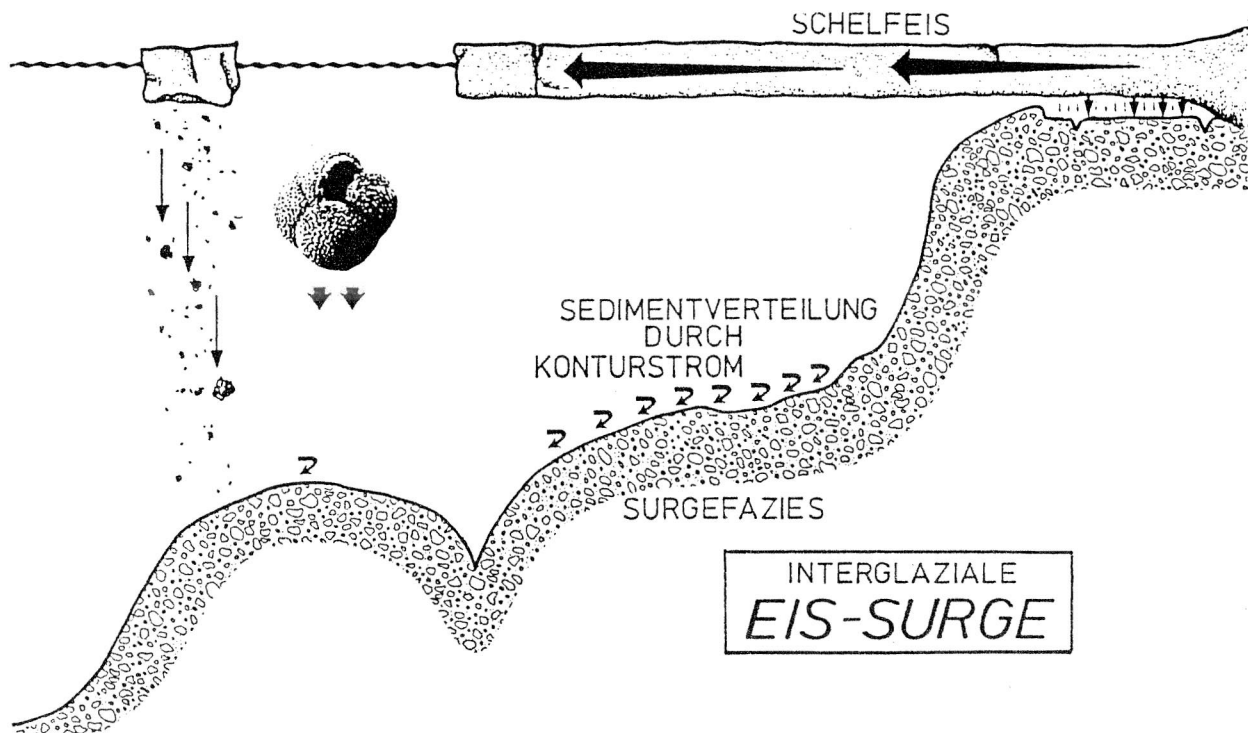


Abb. 5. Sedimentationsverhältnisse während einer "ice-surge"  
Sedimentation conditions during an ice surge.

Organismenreste (Radiolarien, Silicoflagellaten, Diatomeen und Schwammnadeln, max. 10 %). Ausschließlich der Beginn einer Warmzeit ist durch diese opalreichen Sedimente gekennzeichnet.

### 3.6 SURGEFAZIES

Die Horizonte der Surgefazies bestehen aus einem laminierten, feinsiltigen Ton ohne Eisfracht und Sandanteil. Die Laminar zeigen intern stellenweise warvenähnliche Schichtung von wenigen 100  $\mu\text{m}$  Mächtigkeit. Das Sediment enthält die höchsten Montmorillonitgehalte aller Fazies. Das Fehlen von Bioturbation und biogenen Komponenten sieht im Gegensatz zur Interglazialfazies, innerhalb der diese Horizonte mit mehreren Zentimetern Mächtigkeit auftreten. Die Fazies läßt sich in allen Kernen miteinander korrelieren und keilt mit zunehmender Entfernung vom Kontinent aus.

## 5 SEDIMENTATIONSMODELL AM ANTARKTISCHEN KONTINENTALHANG

Aus der geologischen Abfolge der verschiedenen Sedimentfazies mit ihren entsprechenden Ablagerungsbedingungen und -räumen und der Korrelation mit den pleistozänen Klimazyklen läßt sich ein Modell zur Sedimentationsgeschichte am antarktischen Kontinentalhang vor Kapp Norvegia im Wechsel von Glazial und Interglazial aufstellen.

Während des relativ schnell verlaufenden Übergangs

vom Glazial zum Interglazial (etwa 10.000 Jahre) bestimmen im wesentlichen zwei Prozesse die Sedimentation (Abb. 3). Beim Zerbrechen der Eisschelfe nach Anhebung durch den ansteigenden Meeresspiegel entsteht eine zunehmende Anzahl von Eisbergen, an deren Basis noch angefrorenes Sediment aus dem Kontakt mit dem Schelf haftet. Die Sedimentation dieses Materials beginnt über dem Schelf, wobei ein Teil der feinen Fraktion durch die Küstenströmung abtransportiert wird. Weitere Eisfracht kommt vorwiegend im Hangbereich durch den Kontakt mit dem hier wärmeren Wasser und den dadurch verstärkten Abschmelzvorgängen zur Sedimentation.

Mit der Verringerung der Meereisbedeckung erhöht sich die biogene Primärproduktion einerseits bedingt durch die bessere Durchlichtung des Meerwassers, zum anderen durch verstärkten Auftrieb aufgrund der besseren Wirkung der katabatischen (ablandigen) Winde. Das vermutlich  $\text{SiO}_2$ -reiche Auftriebswasser ist für die hohe Produktion kieseliger Organismen sowohl im Plankton als auch im Benthos verantwortlich. Die Sedimentationsraten sind mit bis zu 10 cm/1000 a während dieses kurzen Zeitraumes am höchsten.

Der Gehalt an kieseligen Schalenresten nimmt noch während der ersten 10.000 Jahre im Interglazial ab und wird schließlich von karbonatschaligem Plankton und Benthos abgelöst (Abb. 4). Die Bedingungen, die in den polaren Breiten ungewöhnlich hohe Produktion karbonatschaligen Planktons wird in Verbindung mit der Ausbildung der Weddell See-Polynya gesehen, die durch eine auch im Winter eisfreie Wasserfläche eine hohe Primärproduktion ermöglicht (GROBE 1986a). Der Sedimenttransport durch Eisberge bestimmt den Anteil groben

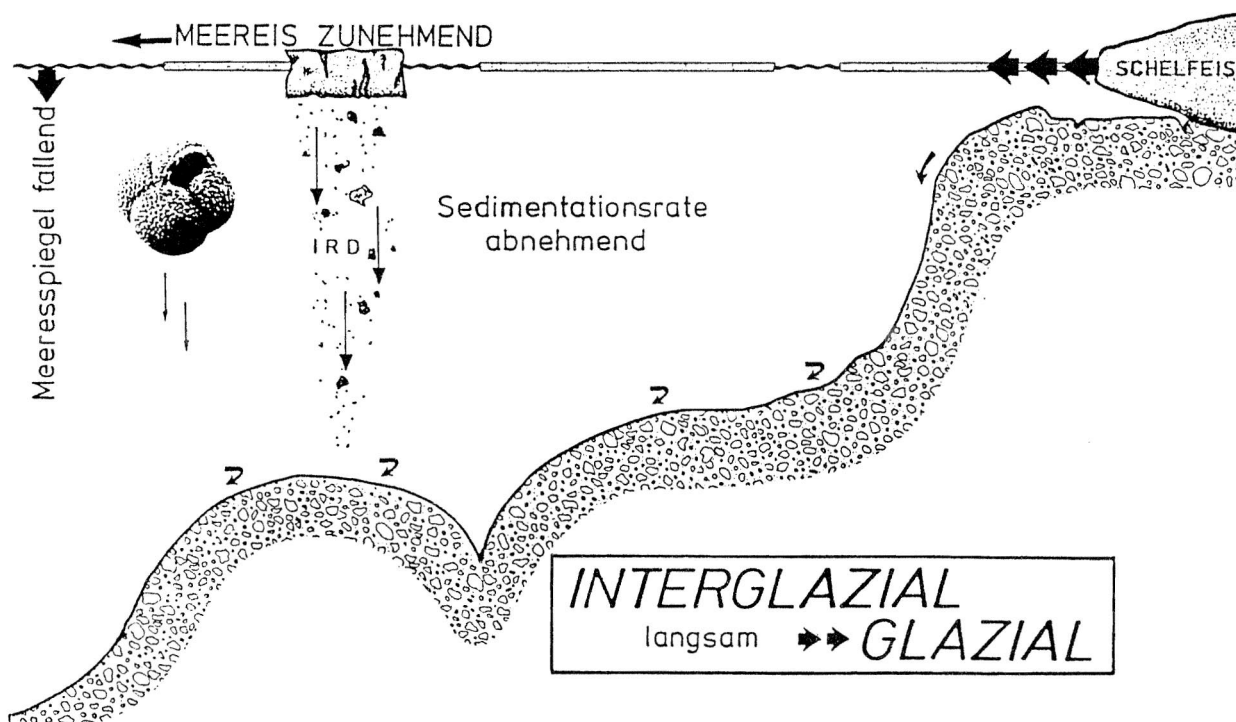


Abb. 6. Sedimentationsverhältnisse während des Überganges vom Interglazial zum Glazial.  
Sedimentation conditions during the transition from interglacial to glacial.

detritischen Materials. Die "grounding line" hat sich zu einer Position zurückgezogen, an der die Eislieferung vom Kontinent und der Abbau durch Eisberge im Gleichgewicht stehen. Laterale Strömungen am Kontinentalhang liefern zusätzlich feinsiltiges bis toniges Material an, das die Eisfrachtkomponente in den feineren Fraktionen ergänzt.

Während längerer Interglazialstadien kann es, vermutlich nach partieller basaler Aufschmelzung des kontinentalen Eisschildes, zu kleineren "ice surges" kommen (Abb. 5). Unterhalb des Eisschelfs, der dann bis weit über den Kontinentalhang reicht, wird die Sedimentation von Eisfracht und die Produktion biogener Komponenten unterbrochen, so daß ausschließlich durch Strömung transportiertes Sediment zur Ablagerung kommt. Die Sedimentationsbedingungen unter dem Schelfeis reagieren auf saisonale Schwankungen von Strömung und Wassertemperaturen, so daß es zur Ausbildung von warven-ähnlichen Texturen kommen kann. Außerhalb des Surgebereichs verändert sich die interglaziale Sedimentation nicht. Sie wird nach dem Abbau des breiten und daher instabilen Eisschelfs auch in dem betroffenen Gebiet wieder fortgesetzt. Die Surgephase dauert vom Beginn der Surge bis zur Verlagerung der Eiskante zur Ausgangsposition etwa 1000 Jahre.

Während des relativ langsamen Überganges vom Interglazial zum Glazial (Abb. 6) senkt sich mit den beginnenden Vereisungen auf der Nordhalbkugel der Meeresspiegel ab. Die "grounding line" verlagert sich seewärts verbunden mit einer Reduzierung der Eisberge und damit der Eisfracht im Sediment. Durch die gleichzeitig zunehmende Meereisbedeckung ist auch die Bioproduktion rückläufig. Die Sedimentationsrate verringert sich generell auf 1 cm/1000 a.

Fällt der Meeresspiegel so weit an, daß die Eisschelfe (Tiefgang um 250 m) vollständig auf dem im Untersuchungsgebiet relativ flachen Schelf (200 - 300 m) aufliegen, schiebt sich die grounding line bis an die Schelfkante vor (Abb. 7). Die Schelfsedimente werden zum Teil aufgearbeitet, kompaktiert und von einem Orthotill überlagert. Das vom Schelfeis transportierte Sediment wird den Kontinentalhang herabgeschwemmt. Ein Vorgang, der sich während der glazialzeitlichen Oszillationen der Eiskante mehrfach wiederholen kann. Die Sedimente werden am Fuß des oberen steilen Hanges abgelagert (Moränenfazies).

Geringe Eislieferung vom Kontinent und ständige Meereisbedeckung im kontinentnahen Bereich verringern die Bildung und Driftgeschwindigkeit von Eisbergen und damit die Anlieferung eistransportierten Materials. Die weitgehend fossilfreien Sedimente lassen auf eine nur schwache biogene Produktion schließen. Generell sind die Sedimentationsraten um einen Faktor 2 - 5 geringer als während eines Interglazials.

Vier Prozesse steuern die Zusammensetzung der Kontinentalhangsedimente, von denen jeweils einer innerhalb einer Fazies dominiert. Sedimenttransport durch Eisberge überwiegt während des Abbaus der Eisschelfe am Übergang vom Glazial zum Interglazial. Im Interglazial tragen vorwiegend biogene Komponenten besonders im Bereich der Weddell See-Polynya zur Sedimentation bei. Findet während eines Interglazials eine "ice surge" statt, werden unter dem Schelfeis ausschließlich durch Strömung angelieferte Sedimente abgelagert. Senkt sich der Meeresspiegel soweit ab, daß das Schelfeis auf dem Schelf aufliegt und zur Schelfkante vorstößt, wird die Sedimentation besonders am oberen Teil des Hanges durch gravitativen Sedimenttransport bestimmt.

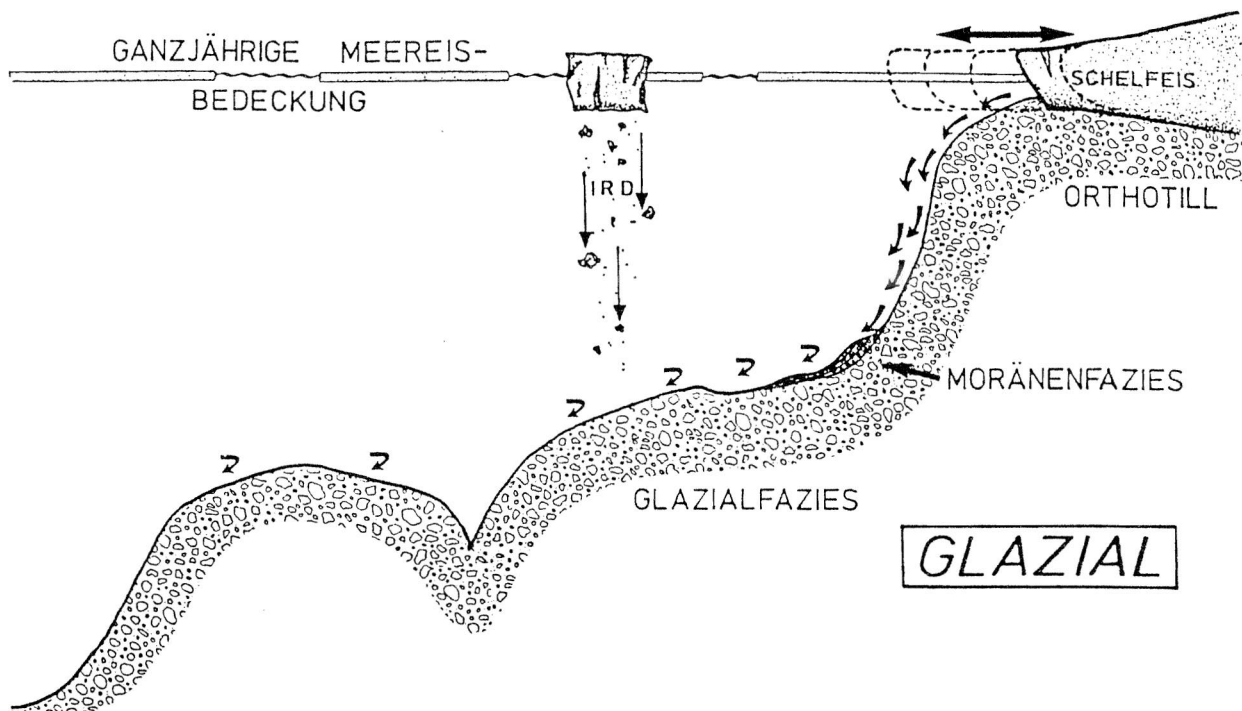


Abb. 7. Sedimentationsverhältnisse während eines Glazials.  
Sedimentation conditions during a glacial stage.

**Sedimenttransport** durch Eis und **Strömung** können als die dominierenden Vorgänge am Hang angesehen werden. Das Verhältnis dieser Prozesse zueinander verändert sich im Wechsel der Glazial-/Interglazialzeiten und bestimmt damit die terrigene Zusammensetzung der Hangsedimente.

Aus der zeitlichen Abfolge und Überlagerung aller Prozesse, sowie aus ihrem von der Morphologie des Kontinentalhanges und der Entfernung vom Kontinent bestimmten Bedeutung für die Sedimentation, entsteht ein charakteristisches Bild sich zeitlich und räumlich verzahnender Fazieskörper.

Die **Glazialfazies** zeigt in Schelfnähe bis zum mittleren Teil des Hanges hohe Mächtigkeiten, jedoch mit zunehmender Entfernung vom Kontinent ab. Die **Moränen- und Surgefazies** verhalten sich in ihrem Mächtigkeitsverlauf ähnlich, die Sedimentation dieser Fazies ebenfalls durch die Bewegungen der Eiskante gesteuert werden. Mit dem Übergang vom Glazial zum Interglazial erhöht sich die **Sedimentationsrate** in Kontinentalnähe durch die reichliche Anlieferung eistransportierten Materials vom Schelf bei gleichzeitig einsetzender Produktion opalinen Planktons durch beginnenden Auftrieb.

Im Interglazial sind die **Sedimentationsraten** des terrigenen Detritus am oberen Hang durch gravitativen Sedimenttransport hoch. Gleichzeitig verstärkt sich im Einflußbereich der Weddell-See-Polynya die Sedimentation karbonatischen Planktons. Die resultierende **Sedimentationsrate** aus terrigener und biogener Sedimentanlieferung hat ihre höchsten Werte in Schelfnähe und im

Bereich der Polynya. Die Verzahnung aller Fazieskörper spiegelt die klimatisch gesteuerten Oszillationen der Eiskante sowie der Meereis- und Polynyaausdehnung im Zyklus der Glazial-/Interglazialstadien wider.

## LITERATUR

- ANDERSON, J.B. (1972): The marine geology of the Weddell Sea. - Ph. D. Thesis, Florida State Univ., Contr. No 35, 222 S., Tallahassee
- ANDERSON, J.B., KURTZ, D.D. & WEAVER, F.M. (1979): Sedimentation on the Antarctic continental slope. - In: PILKEY, O. & DOYLE, L. (Hrsg.): Geology of continental slopes. - SEPM Spec. Pub. 27, 265-283, Tulsa
- ANDERSON, J.B., KURTZ, D.D., DOMACK, E.W. & BALSHAW, K.M. (1980): Glacial and glacial marine sediments of the Antarctic continental shelf. - J. Geol. 88/4, 399-414, Chicago
- ANDERSON, J.B., BRAKE, C., DOMACK, E., MYERS, N.C. & WRIGHT, R. (1983): Development of a polar glacial-marine sedimentation model from Antarctic Quaternary deposits and glaciological information. - In: MOLNIA, B.F. (Hrsg.): Glacial-marine sedimentation. - 233-264, New York (Plenum Press)
- ANDERSON, J.B., BRAKE, C., DOMACK, E., MYERS, N.C. & SINGER, J. (1983): Sedimentary dynamics of the Antarctic continental shelf. - In: OLIVER, R.L., JAMES, P.R. & JAGO, J.B. (Hrsg.). - Antarctic earth science. - 387-389 (Australian Academy of Science)
- DOMACK, E.W. (1982): Sedimentology of glacial and



- glacial-marine deposits on the George V - Adelie continental shelf, east Antarctica. - *Boreas* **1**, 79-97, Oslo
- DREWRY, D.J. & COOPER, A.P.R. (1981): Processes and models of Antarctic glaciomarine sedimentation. - *Ann. Glaciol.* **2**, 117-122, Cambridge
- DREWRY, D.J. & ROBIN, G. de Q. (1983): Form and flow of the Antarctic ice sheet during the last million years. - In: ROBIN, G. de Q. (Hrsg.): *The climatic record in polar ice sheets.* - 28-38, Cambridge (Univ. Press)
- ELVERHOI, A. (1981): Evidence for a late Wisconsin glaciation of the Weddell Sea. - *Nature* **293**, 641-642, London
- ELVERHOI, A. & ROALDSET, E. (1983): Glaciomarine sediments and suspended particulate matter, Weddell Sea Shelf, Antarctica. - *Polar Res.* **1**, 1-21, Oslo
- FILLON, R.H. (1977): Ice rafted detritus and paleotemperature: late Cenozoic relationships in the Ross Sea region. - *Mar. Geol.* **25**, 73-93, Amsterdam
- FISCO, M.P.P. (1982): Sedimentation on the Weddell Sea continental margin and abyssal plain, Antarctica. - Ph. D. Thesis, 107 S., Rice Univ. Houston
- FRAKES, L.A. (1982): Cenozoic climates: Antarctica and the Southern Ocean. - In: PITTOCK, A.B., FRAKES, L.A. et al. (Hrsg.): *Climatic change and variability.* - 53-69, Cambridge (Univ. Press)
- GROBE, H. (1986a): Sedimentation processes on the antarctic continental margin at Kapp Norvegia during the Late Pleistocene. - *Geol. Rundschau* **75**, 97-104, Stuttgart
- (1986b): Spätpleistozäne Sedimentationsprozesse am antarktischen Kontinentalhang vor Kapp Norvegia, Ästlich Weddell See. - *Ber. z. Polarforschung* **27**, 121 S., Bremerhaven
- GROBE, H. & KUHN, G. (1986): Sedimentation processes at the Antarctic continental margin during the Quaternary. - *Ber. z. Polarforschung* **33**, im Druck, Bremerhaven
- GROBE, H. & SPIESS, V. (1987): Sedimentologic and palaeomagnetic evidence for the pleistocene climatic cycles in the Weddell Sea, Antarctica. - In Vorbereitung
- KENNETT, J.P. (1970): Pleistocene paleoclimates and foraminiferal biostratigraphy in subantarctic deep-sea cores. - *Deep-Sea Res.* **17**, 125-140, New York
- KURTZ, D. & ANDERSON, J.B. (1979): Recognition and sedimentologic description of recent debris flow deposits from the Ross and Weddell Seas, Antarctica. - *J. Sed. Petrol.* **49**, 1159-1170, Tulsa
- MILANKOVITCH, M. (1941): *Kanon der Erdbestrahlung und seine Anwendung auf das Eiszeitenproblem.* - 484 S., Beograd (Königlich-Serbische Akademie)
- ORHEIM, O. & ELVERHOI, A. (1983): Model for submarine glacial deposition. - *Ann of Glac.* **2**, 123-128, Cambridge
- PRELL, W.L., IMBRIE, J., MARTINSON, D.G., MORLEY, J.J., PISIAS, N.G., SHACKLETON, N.J. & STREETER, H.F. (1986): Graphic correlation of oxygen isotope stratigraphy application to the late Quaternary. - *Paleoceanogr.* **1/2**, 137-162, Washington
- WRIGHT, R. & ANDERSON, J.B. (1982): The importance of sediment gravity flow to sediment transport and sorting in a glacial marine environment: Eastern Weddell Sea, Antarctica. - *Geol. Soc. Amer. Bull.* **93**, 951-963, Boulder