

Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn
Geographische Institute

Sedimentechotypen und Oberflächenstrukturen in der äußeren Laptevsee

Diplomarbeit

vorgelegt von:

Ingo Kelz

Betreuer: Prof. Dr. Dieter Klaus

Bremerhaven, 1998

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung

Abstract

1 EINFÜHRUNG	1
1.1 EINLEITUNG UND FRAGESTELLUNG	1
1.2 REGIONALER ÜBERBLICK	3
1.3 OZEANISCHE ZIRKULATION	3
1.4 MEEREIS	5
1.5 ENTSTEHUNG VON MEEREIS	6
1.6 EISBERGE	7
1.7 EISFURCHEN	8
1.8 PERMAFROST	9
1.9 POCKMARKS	10
1.10 ARBEITSGEBIET	12
1.10.1 EISSCHILDE DES LETZTEN GLAZIALS	12
1.10.2 GEOGRAPHIE	13
1.10.3 BATHYMETRIE	14
1.10.4 HYDROGRAPHIE	14
1.10.5 EISBERGSITUATION IN DER LAPTEVSEE	15
2 METHODIK	16
2.1 EINLEITUNG	16
2.2 SEDIMENTECHOLOTE	16
2.3 HYDROAKUSTIK	16
2.4 DAS PARASOUNDSYSTEM	17
2.4.1 DIE FUNKTIONSWEISE DES PARASOUNDSYSTEMS	17
2.4.2 GRENZEN DES PARASOUNDSYSTEMS	19
2.5 DARSTELLUNG DER ECHOGRAMME	20
2.6 AUFBEREITUNG DER ROHDATEN	21
2.6.1 VERWENDETES MATERIAL	21
2.6.2 GEBIETSFESTLEGUNG	22
2.6.3 ERSTELLUNG DER DATEN	22
2.6.3.1 Wassertiefe	22
2.6.3.2 Typisierung der Eisfurchen	23
2.6.3.3 Prozentuale Durchfurchung des Profilabschnittes	25
2.6.3.4 Durchschnittliche Furchenbreite	26
2.6.3.5 Überschätzung der Furchenbreite	26
2.6.3.6 Klassifizierung der Einkerbtiefe	26
2.6.3.7 Sediment-Umlagerungsindex	27
2.7 GRAPHISCHE AUSWERTUNG	28
2.7.1 ERSTELLUNG DER DIGITALEN KARTE	28
2.7.2 VERANSCHAULICHUNG DER DATEN	28
3 ERGEBNISSE	30
3.1 IDENTIFIZIERUNG VON EISFURCHEN	30
3.2 CHARAKTERISTISCHE WERTE AUS DEM GESAMTDATENSATZ	32
3.3 EISFURCHENERKENNUNG UND UNTERGRUNDSTRUKTUREN	33
3.3.1 NORDWESTLICHE LAPTEVSEE	33
3.3.2 WESTLICHE LAPTEVSEE	34
3.3.3 SÜDWESTLICHE LAPTEVSEE	35
3.3.4 SÜDLICHE LAPTEVSEE	38
3.3.5 SÜDÖSTLICHE LAPTEVSEE	40
3.3.6 ÖSTLICHE LAPTEVSEE	44
3.3.7 NORDÖSTLICHE LAPTEVSEE	45

3.4 AUSGEWÄHLTE KARTENINHALTE	46
3.4.1 ABSOLUTE ANZAHL DER EISFURCHEN	46
3.4.2 RELATIVE DURCHFURCHUNG DES SEDIMENTES	47
3.4.3 EISFURCHENBREITE	47
3.4.4 MAXIMALE EINKERBTIEFE DER EISFURCHEN	48
3.4.5 EINKERBTIEFENKLASSEN DER EISFURCHEN	48
3.4.6 EISFURCHEN UNTERSCHIEDLICHER MORPHOLOGIE	49
3.5 UNTERTEILUNG DER LAPTEVSEE IN VERSCHIEDENE REGIONEN	50
3.6 CHARAKTERISIERUNG DER REGIONEN	52
3.6.1 REGIONALE VERTEILUNG DER WASSERTIEFE	52
3.6.2 REGIONALE VERTEILUNG DER EISFURCHEN IN BEZUG ZUR WASSERTIEFE	54
3.6.3 ANZAHL DER FURCHEN IN ABHÄNGIGKEIT VON DER WASSERTIEFE	56
3.6.4 REGIONALE VERTEILUNG DER MAXIMALEN EINKERBTIEFEN	56
3.6.5 REGIONALE VERTEILUNG DER EINKERBTIEFENKLASSEN	58
3.6.6 REGIONALE VERTEILUNG DER EISFURCHENMORPHOLOGIE	59
3.6.7 SEDIMENTUMLAGERUNG IN DEN UNTERSCHIEDLICHEN REGIONEN	60
<hr/> 4 DISKUSSION	<hr/> 62
4.1 EISFURCHENERKENNUNG UND UNTERGRUNDSTRUKTUREN	62
4.1.1 NORDWESTLICHE LAPTEVSEE	62
4.1.2 WESTLICHE LAPTEVSEE	62
4.1.3 SÜDWESTLICHE LAPTEVSEE	63
4.1.4 SÜDLICHE LAPTEVSEE	65
4.1.5 SÜDÖSTLICHE LAPTEVSEE	66
4.1.6 ÖSTLICHE LAPTEVSEE	67
4.1.7 NORDÖSTLICHE LAPTEVSEE	68
4.2 AUSGEWÄHLTE KARTENINHALTE	68
4.2.1 ABSOLUTE ANZAHL DER EISFURCHEN	68
4.2.2 RELATIVE DURCHFURCHUNG DES SEDIMENTES	69
4.2.3 EISFURCHENBREITE	70
4.2.4 MAXIMALE EINKERBTIEFE / EINKERBTIEFENKLASSEN	71
4.2.5 EISFURCHEN UNTERSCHIEDLICHER MORPHOLOGIE	71
4.3 CHARAKTERISIERUNG DER REGIONEN	72
4.3.1 REGIONALE VERTEILUNG DER WASSERTIEFE	72
4.3.2 REGIONALE VERTEILUNG DER EISFURCHEN IN BEZUG ZUR WASSERTIEFE	73
4.3.3 ANZAHL DER FURCHEN IN ABHÄNGIGKEIT VON DER WASSERTIEFE	74
4.3.4 REGIONALE VERTEILUNG DER MAXIMALEN EINKERBTIEFEN	77
4.3.5 REGIONALE VERTEILUNG DER EINKERBTIEFENKLASSEN	77
4.3.6 REGIONALE VERTEILUNG DER EISFURCHENMORPHOLOGIE	78
4.3.7 SEDIMENTUMLAGERUNG IN DEN UNTERSCHIEDLICHEN REGIONEN	78
<hr/> 5 SCHLUBBETRACHTUNG	<hr/> 80
<hr/> 6 DANKSAGUNG	<hr/> 82
<hr/> 7 ABBILDUNGSVERZEICHNIS	<hr/> 83
<hr/> 8 TABELLENVERZEICHNIS	<hr/> 85
<hr/> 9 LITERATURVERZEICHNIS	<hr/> 86

Anhang

Zusammenfassung

Während der Expeditionen ARK-IX/4 (1993) und ARK-XI/1 (1995) mit der FS "Polarstern" des Alfred-Wegener-Institutes für Polar und Meeresforschung (AWI) wurden im Gebiet des Laptevseeschelfs Sedimentechographiedaten in Form von analogen und digitalen Parasoundprofilen gewonnen. Diese wurden zur räumlichen Erfassung und Interpretation von cryogenen Reflexionsmustern als Indikator für Eisfurchenhäufigkeit und submarinen Permafrost ausgewertet.

Zusätzlich wurde auf Echographiedaten einer weiter auf dem Schelf gelegenen Expedition der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) (1994) zurückgegriffen, um einen Einblick in die Eisfurchenhäufigkeit geringerer Wassertiefen zu erlangen.

Es wurde eine Parasoundprofilstrecke von 2930km bearbeitet und in 586 Untersuchungsabschnitte unterteilt. In ihnen wurden Angaben über die Position, Anzahl der als Eisfurchen interpretierten Reflexionsmuster, deren Ausmaße und deren Morphologie festgehalten. Die gewonnenen Daten wurden statistisch, graphisch, mit Hilfe von Diagrammen und einer erstellten Karte ausgewertet und veranschaulicht.

In den Parasoundprofilen der Laptevsee spiegeln sich unterschiedliche Untergrundbedingungen, äußere Einflüsse (z.B.: Eisberggröße, Driftrichtung) und Entstehungsgeschichten in unterschiedlichen Oberflächenreflexionsmustern wider.

In der nordwestlichen Region der Laptevsee, entlang des Kontinentalhanges von Severnaya Zemlya, wird die Oberfläche in geringeren Wassertiefen durch rezente Eisberge stark durchpflügt. In begrenzten Bereichen bei einer Wassertiefe zwischen 40 und 60m, erfährt die submarine Oberfläche eine gesamtheitliche Überprägung mit einhergehender Umlagerung des Untergrundes. Durch glaziale Überprägung entstandener Diamikt verhindert allerdings tiefgründige Eisfurchen.

In größeren Wassertiefen (bis maximal 355m) lassen sich vereinzelt tiefgründigere Eisfurchen finden, die Zeugnisse des niedrigeren Meeresstandes des letzten Glazials sind. Die äußere nordöstliche Region der Laptevsee enthält ausschließlich diesen Furchentyp und unterscheidet sich dadurch markant von den übrigen Regionen der Laptevsee. Die Morphologie und Tiefgründigkeit der Eisfurchen in der nordöstlichen Laptevsee lassen sich mit denen in der Vilkitsky-Straße vergleichen, so daß ähnliche Bedingungen während ihrer Entstehung vermutet werden können.

Die nordöstliche Laptevsee und die Vilkitsky-Straße stellen gesonderte Bereiche der Laptevsee dar, die höchstens eine geringfügige rezente Überprägung durch auflaufende Eisberge erfahren.

Die Schelfbereiche nordöstlich der Halbinsel Taymyr und nordwestlich der Neusibirischen Inseln erfahren rezent durch die entgegen dem Uhrzeigersinn entlang der Schelfkante der Laptevsee vorherrschenden Driftrichtungen der Eisberge nach der Nordwest-Region die stärkste Überprägung im Untersuchungsgebiet. Hier lassen sich die tiefgründigsten Eisfurchen mit einer starken resultierenden Untergrundüberprägung finden.

Submariner Permafrost hat im inneren Schelfbereich einen bedeutenden Einfluß auf die Ausprägung von Eisfurchen. Die Grenze zum Permafrost läßt sich teilweise durch die maximalen Einkerbtiefen von Eisbergen bis zu einem deutlichen Reflektor ausmachen. Diese Grenzschicht ist über weite Distanzen in den Parasoundprofilen verfolgbar.

Über das Entstehungsalter an der Oberfläche gefundener Eisfurchen lassen die Parasounddaten keine genaue Aussage zu. Teilweise können durch die unmittelbare Nähe zwischen einer älter erscheinenden Eisfurchen und einer jünger erscheinenden Eisfurchen, oder aber durch eine Überprägung einer Eisfurchen durch eine zweite, relative Alterseinstufungen gemacht werden.

Ein Teilabschnitt der Expedition ARK-IX/4 (1993) ($77^{\circ}24'N$ $133^{\circ}30'O$ - $77^{\circ}30'N$ $133^{\circ}40'O$) wurde während der Expedition ARK-XI/1 (1995) ein zweitesmal abgefahren. Die 1993 gefundenen Eisfurchen wurden ohne Einebnungserscheinung wiedergefunden. Desweiteren sind keine weiteren Eisfurchen auf diesem Teilabschnitt hinzugekommen. Es ist davon auszugehen, daß einmal entstandene Eisfurchen in der Laptevsee lange erhalten bleiben. Allerdings sind mit durchschnittlich drei Eisfurchen pro Kilometer, bezogen auf das gesamte Untersuchungsgebiet, in der Laptevsee insgesamt nur sehr wenige Spuren von auf Grund gelauenen Eisbergen zu finden.

Abstract

During the "Polarstern"-expeditions ARK-IX/4 (1993) and ARK-XI/1 (1995), organised by the Alfred Wegener Institute (AWI), acoustic subbottom profiles (Parasound) have been collected in the Laptev Sea Shelf, Siberia. These data have been interpreted as an indicator of ice scours frequency and off-shore permafrost patterns.

An additional acoustic profile data-base was available by the results of the expedition of the Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (BGR) of the year 1994. The area of the expedition was located closer to the shelf, therefore supports a better understanding of ice scours frequency in shallower marine environments.

The data-file consists of a 2930km Parasound-traverse and has been subdivided into 586 working profiles. They are characterised by their location, number of ice scours, interpreted patterns of reflection and their extension and morphology. The data have been evaluated statistically and graphically and were presented in a map.

Different patterns of sea floor reflection were established by different environments, outer influences (e.g. size of the icebergs, direction of the drift of icebergs) and the climatic history of the region.

In the north-westerly region of the Laptev Sea at the continental slope of Severnaya Zemlya the sea floor in shallower depths has been ploughed intensely by recent icebergs. In some regions (40-60m), as an effect of intensely ploughing, the sea floor is hardly defined in acoustic profiles come along with relocation of marine deposits. Glacial diamict deposits prevented the development of deep scours.

Up to 355m deeper scours result from lower sea levels. The marginal north-easterly region of the Laptev Sea is characterised exclusively by this type of scour. Morphology and depth of these scours can be compared with those of the westerly Vilkitsky-Street. so that similar conditions of development may be expected. Both, the north-easterly Laptev Sea and the Vilkit-sky-Street, are not dominated by patterns of recent icebergs.

In contrary the shelf-regions north-easterly of the Taimyr peninsula and north-westerly of the New Siberian Islands have been modified evidently by recent icebergs, which drifted with prevalent currents anticlockwise along the shelf edge of the Laptev Sea and cause the deepest scours of the whole region.

The off-shore permafrost at the inner shelf regions has an important influence on the scours intensity. The permafrost layer can be recognised by the maximum depth of ice scours. It is represented by a Parasound reflector that can be made up for distances.

The age of the ice scours cannot be determined absolutely by Parasound data but a relative order can be estimated whenever two scours are situated close to each other.

When the Parasound-traverse of the expedition ARK-IX/4 (1993) (77°24'N 133°30'E-77°30'N 133°40'E) was repeated partially in expedition ARK-XI/1 (1995) the ice scours of 1993 remained unchanged and uneroded and no new ice scours had been detected. It can be concluded that scours persist for a long time in the Laptev Sea, though after all with an average of 3 ice scours per kilometre there are not many at all in the Laptev Sea.

1 Einführung

1.1 Einleitung und Fragestellung

Die polaren Regionen sind sehr klimarelevante Gebiete. Besonders der Arktische Ozean, umschlossen von teilweise vergletscherten Landmassen mit einigen sehr breiten flachen Schelfgebieten, reagiert sensibel auf Klimavariationen. Ein bedeutender Faktor zur Steuerung des Klimas ist die Ausdehnung der Meereisdecke. Durch die Meereisdecke wird unmittelbar der Wärmehaushalt der Erde beeinflusst (Aagaard et al., 1985; Clark, 1990). Bei Ausbreitung der Meereisdecke erhöht sich die Albedo, was wiederum eine Abkühlung der Atmosphäre zur Folge hat. Aber auch die Ozeanische Zirkulation und Bioproduktivität werden von der Meereisbedeckung beeinflusst.

Nicht nur Meereis, sondern auch Eisberge spielen eine wichtige Rolle bei der Erforschung vergangener und zukünftiger Klimaentwicklungen.

Die Eisbergproduktion hat einen bedeutenden Anteil an der Massenbilanz der polaren Eiskappen. Neben dem Oberflächenschmelzen ist die Eisbergproduktion der größte negative Term der Massenbilanz (Menziés, 1995). Durch ihre mehrjährige Lebensdauer im Arktischen Ozean können vorherrschende Oberflächenströmungen zur Zeit der Eisbergdrift über tausende Kilometer nachvollzogen werden. Dies ist durch die Bestimmung der Liefergebiete des in den Eisbergen eingefrorenen Sedimentes (Detritus), aber auch durch die von Eisbergen verursachte unterschiedlich starke Zerwühlung des Meeresbodens im Luv- und Lee-Bereich von Untiefen möglich.

Bei Rückzug der zirkumpolaren Gletscher tritt eine stärkere Eisbergkalbung ein und somit ein vermehrtes Auftreten an Eisbergzeugnissen im submarinen Untergrund (Blanchon & Shaw, 1995). Zum einen kann ein verstärkter Sedimenteintrag, zum anderen eine häufigere Durchfurchung des Sedimentes durch auflaufende Eisberge festgestellt werden.

Bei Kenntnis der Wassertiefe ist eine Angabe über die Größe der Eisberge möglich. dies erlaubt einen Rückschluß auf die Größe und den Rückzug der Gletscher.

Alte Eisbergfurchen in großen Wassertiefen sind desweiteren Zeugen unterschiedlicher Niveaus des Meeresspiegels und vertikaler Bewegungen des Meeresbodens. Vogt et al. (1994) berichten von Eisfurchenrelikten nordwestlich von Spitzbergen, die in einer heutigen Wassertiefe von 450-850m Wassertiefe zu finden sind.

Während der Expeditionen ARK-IX/4 (1993) und ARK-XI/1 (1995) des Alfred-Wegener-Institutes (AWI) für Polar- und Meeresforschung wurden Sedimentechographie-Aufzeichnungen in der äußeren Laptevsee gewonnen, die es auf Anzeichen von Eisbergzeugnissen zu untersuchen galt. Dabei standen folgende Fragen im Vordergrund:

- Sind Eisbergfurchen vom natürlichen Relief des Meeresbodens zu unterscheiden?
- Gibt es eine Häufung von Eisbergfurchen in bestimmten Wassertiefen oder Gebieten?
- Wie tief wird das Sediment zerfurcht?
- Kann man Aussagen über das Alter oder den Zuwachs der Ereignisse treffen?
- Können Aussagen über die Mengen der Eisberge gemacht werden?

Bei der Visualisierung der Menge der Eisfurchen und deren regionalen Verteilung wurden zur Ergänzung schon gezählte Eisfurchen einer Expedition der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) von 1994 mit in eine Karte aufgenommen. Die Fahrtrouten der Expeditionen ARK-IX/4 (1993) und ARK-XI/1 (1995) im Gebiet der Laptevsee, sowie die mit aufgenommenen Fahrtabschnitte der Expedition der BGR (1994) sind in Abb. 1 aufgeführt.

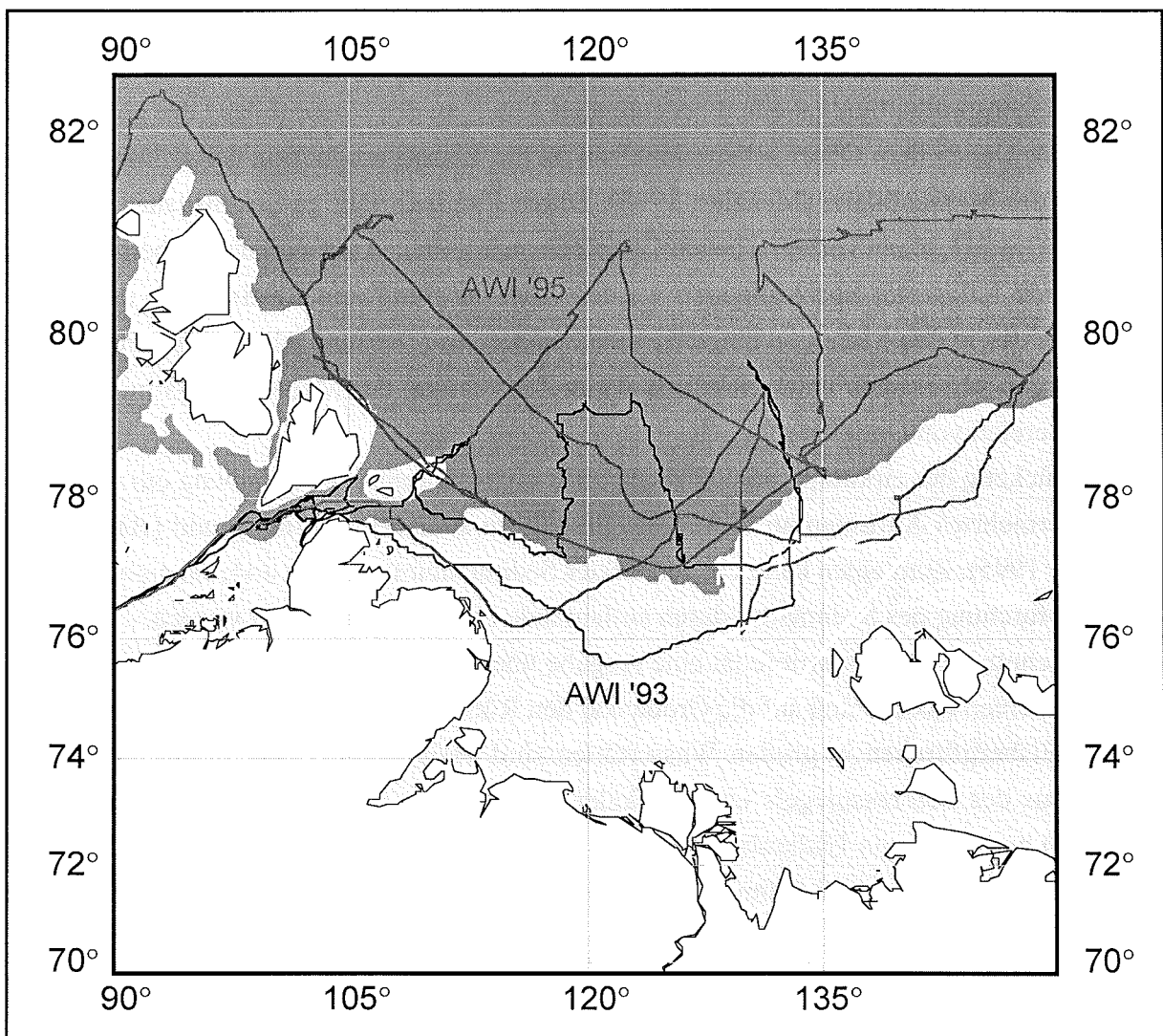


Abb. 1: Fahrtabschnitte im Bereich der Laptevsee während der Expeditionen ARK-IX/4 (1993) und ARK-XI/1 (1995) des AWI und verwendete Fahrtabschnitte der Expedition der BGR (1994)

1.2 Regionaler Überblick

Der Arktische Ozean wird in das permanent eisbedeckte zentrale Arktische Becken und in die randlichen Schelfmeere gegliedert. Das zentrale Arktische Becken wird durch den Lomonosov-Rücken morphologisch in das Eurasische- und das Amerasische Becken unterteilt. Das Amerasische Becken wiederum wird durch das Alpha-Mendeleyev-Rückensystem in das Kanada- und das Makarov-Becken gegliedert. Das Eurasische Becken wird durch den bis in das Schelfgebiet der Laptevsee verfolgaren Nansen-Gakkel-Rücken, der ein aktiver Ausläufer des Mittelozeanischen Rückensystems ist, in das Nansen- und das Fram-Becken untergliedert (Vogt & Avery, 1974; Fujita et al., 1990; Dolginow & Kropatschjow, 1994). Die Fram-Straße mit einer Schwellentiefe von 2600m (Johnson, 1990), stellt die einzige Tiefenwasser Austauschzone des Arktischen Ozeans zu den anderen Weltmeeren dar (Lawver et al., 1990).

Am Nordrand des Eurasischen Kontinents erstrecken sich fünf teilweise sehr flache und ausgedehnte Randmeere des Arktischen Ozeans: Barentssee, Karasee, Laptevsee, Ost-sibirische See und Chukchisee. Im Gegensatz dazu besitzen die Beaufortsee und Grönlandsee schmalere Schelfgebiete (siehe Abb. 2).

1.3 Ozeanische Zirkulation

Die anhand der Driftrichtung des Meereises gut erkennbare, im Uhrzeigersinn erfolgende Bewegung des Beaufort-Wirbels spiegelt die Bewegung eines stabilen Hochs über dem Amerasischen Becken wider (Sudgen, 1982; Wadhams, 1983).

Es wird allerdings angenommen, daß die Driftrichtung des Meereises und der Eisberge im Arktischen Ozean nicht nur die atmosphärische Zirkulation widerspiegelt, sondern auch die Zirkulation im Oberflächenwasser (int.: surface mixed layer, SML) (Anderson & Webb, 1994). Zwei Hauptssysteme sind im Arktischen Ozean zu erkennen: Der sich im Uhrzeigersinn drehende Beaufort-Wirbel über dem Amerasischen Becken und die Transpolar drift, die sich über dem sibirischen Schelf, mit einer Driftrichtung am südlichen Ende gegen den Uhrzeigersinn in der Laptevsee, bis in den westlichen Bereich der Fram-Straße erstreckt. In der zentralen Zone des Lomonosov-Rückens sind beide Systeme miteinander verbunden.

In der Fram-Straße wird das Eis durch den kalten und niedrig salinen Ostgrönlandstrom (int.: east greenland current, EGC) entlang der Grönländischen Küste weit nach Süden transportiert.

Im Gegenzug gelangt, durch einen Ausläufer des Golf-/Norwegenstrom-Systems, dem West Spitzbergen Strom (int.: west spitzbergen current, WSC), warmes höher salines Wasser (ca. 35‰) durch die Fram-Straße in den Arktischen Ozean.

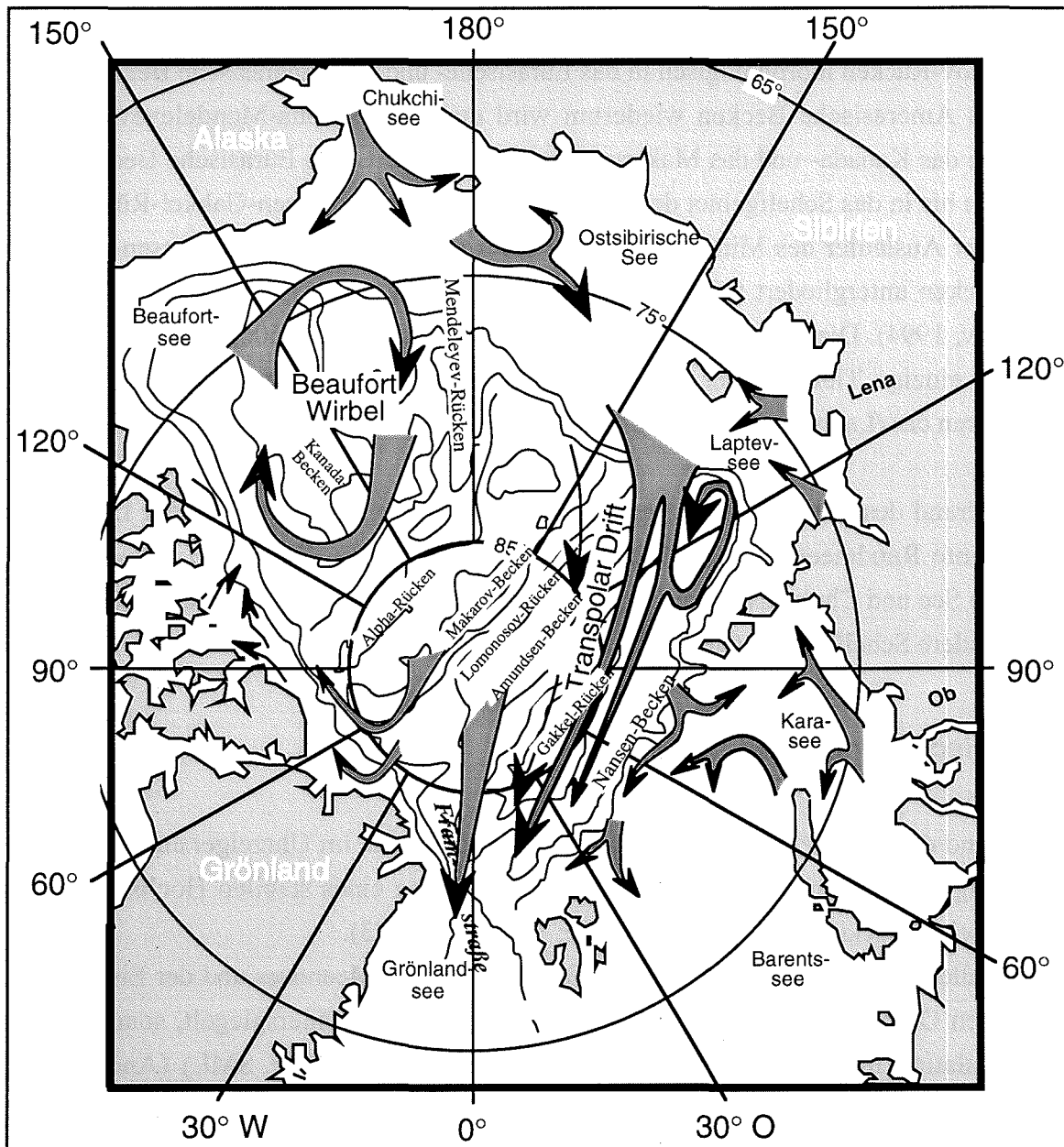


Abb. 2: Eisdrift im Arktischen Ozean (verändert nach Gordienko & Laktonov, 1969)

Das Wasser des abgesunkenen WSC zirkuliert anschließend entgegen dem Uhrzeigersinn entlang der Schelfkante von Barents-, Kara-, und Laptevsee, um später reliefgesteuert in zwei Rückströmen in die Fram-Straße zu fließen (Rudels et al., 1994; Jones et al., 1995).

Das Amerasische Becken ist durch den Lomonosov-Rücken von der globalen Tiefenwasserzirkulation nahezu getrennt. Eine Ventilation des Arktischen Tiefenwassers (int.: arctic deep waters, ADW) kann nach Anderson et al. (1994) in erster Linie nur durch den Zu-

strom von sibirischen Schelfwässern erfolgen. Durch eine extreme Abkühlung der Wassersäule während der Herbst- und Winterstürme und durch die Neubildung von Meereis mit einhergehender Erhöhung der Salinität des Restwassers kann die so entstandene hochsalinare schwere und kalte Wassermasse in während des Pleistozäns gebildete Tröge in das Tiefenwasser sinken (Aagaard & Carmack, 1994).

Anhand von ^{14}C -Messungen konnten Mac Donnald et al. (1993) und Aagaard & Carmack (1994) zeigen, daß das Tiefenwasser des Amerasischen Beckens zuletzt vor ca. 500 Jahren aufgefrischt wurde. Diese Datierung deckt sich auch gut mit der Umstellung von Walfang auf Robbenfang der sogenannten Thule Kultur vor 500 Jahren in diesem Gebiet. Diese Umstellung könnte die Folge der Ausbildung einer weiträumigen ganzjährigen Festeisdecke sein. Zu dieser Zeit begann eine kleine Eiszeit, die in Europa durch strenge Winter und schlechte Ernten vermerkt ist.

Durch eine Ausbildung dieser ganzjährigen Eisdecke konnte kein hochsalin角度s schweres Wasser gebildet werden, das dem ADW zugeführt werden würde (Vogt, 1997).

Zur Zeit ist ein Rückfluß von ADW aus dem Amerasischen Becken nachweisbar, der zusammen mit dem ADW aus dem Eurasischen Becken durch die Fram-Straße abfließt.

1.4 Meereis

Im Arktischen Ozean erreicht das im Meer gebildete Eis jährlich eine maximale Ausdehnung von $16 \times 10^6 \text{ km}^2$. Bei der minimalen Meereisaustrdehnung im Sommer reduziert sich die Fläche auf rund $9 \times 10^6 \text{ km}^2$ (Gloersen et al., 1992). Das Meereis der Transpolardrift ist im Durchschnitt 1-5m mächtig und braucht bei einer Driftgeschwindigkeit von 5-7km/Tag von seinen Entstehungsgebieten bis zur Fram-Straße 1-4 Jahre (Colony & Thorndike, 1985; Rigor, 1992). Hohe Süßwasserzuflußraten, im Winter vorherrschende Südwinde und das breite und flache Schelfgebiet begünstigen in der Laptevsee eine starke Meereisbildung (Wollenburg, 1993; Nürnberg et al., 1994; Letzig, 1995). Die maximale Mächtigkeit beträgt dort 2-2,5m (Barnett, 1991). Wenn das Eis zusammengeschoben wird, entstehen sogenannte Presseisrücken, die im Normalfall eine Mächtigkeit von 5-6m erreichen. Vor der Halbinsel Taymyr, wo auch mehrjähriges Meereis zu finden ist, wurden Presseisrücken beobachtet, die bei einer Wassertiefe von 22m Grundberührung hatten (Gorbunov, 1979).

In der Laptevsee bildet sich auch die weltweit breiteste, geschlossene mit dem Festland verbundene Meereisdecke (Festeis) (Barnett, 1991). Die Festeisgrenze kann eine Entfernung bis zu 500km von der Küste erreichen (Dethleff et al., 1996). Vor der Festeisgrenze entsteht durch den vorherrschenden ablandigen Wind eine große eisfreie Zone, die sogenannte Polynya. Eine Polynya kann nach Barnett (1991) eine maximale Breite von 100km und nach Dethleff et al. (1996) eine Länge von 1800km erreichen. Über dem flachen

Schelf und somit schnell auskühlenden Wasserkörper entsteht in Verbindung mit dem trockenen kontinentalen Wind ein intensiver Wärmefluß vom Wasser zur Atmosphäre. So kommt es, daß in der Laptevsee während der Wintermonate von Oktober bis Juni durch den permanenten Abtransport des neu gebildeten Meereises bis zu 20m der Wassersäule in Eis umgesetzt werden (Smith et al., 1990; Dethleff, 1995, unveröffentlicht).

1.5 Entstehung von Meereis

Nach Maykut (1985) und Barnes et al. (1982) entstehen bei einem gleichmäßig abgekühltem Wasserkörper mit einer Salinität von 35‰ und einer Temperatur von ca. $-1,9^{\circ}\text{C}$ Eisplättchen (int.: frazil platelets) mit einem Durchmesser von 1-5mm und einer Dicke von 1-1.000 μm .

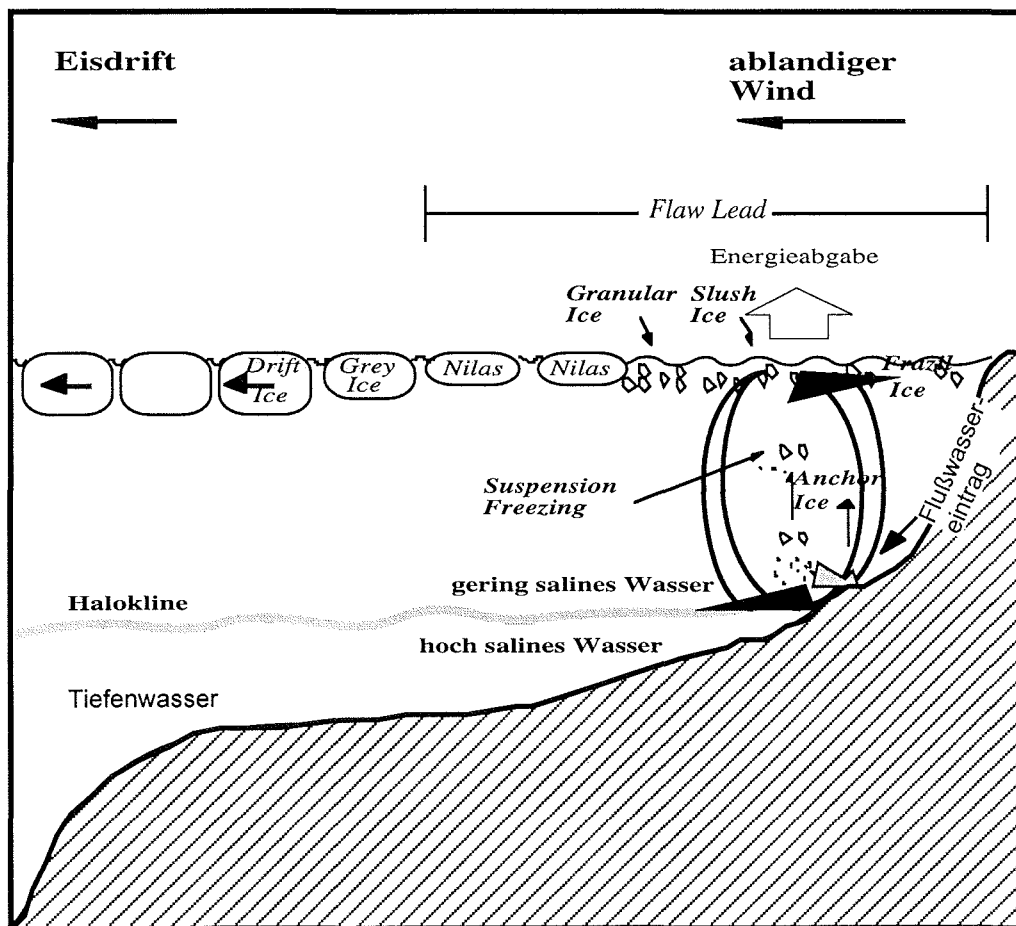


Abb. 3: Schematische Darstellung zur Entstehung von Meereis (verändert nach: Dethleff, 1995, unveröffentlicht)

Dieses "frazil ice" bildet eine bis zu 4m mächtige Eisschlammdecke (int.: slush ice). Die Auskühlung läßt Konvektionszellen entstehen, die den Wasserkörper soweit auskühlen, daß bis zu einer Wassertiefe von 60m Eisbildung am Meeresgrund möglich ist, das so-

nannte "anchor ice". Ab einer bestimmten Größe ist allerdings der Auftrieb dieses Eises zu stark, um am Grund haften zu bleiben, so daß es aufsteigt und in der Eisschlammdecke eingebunden wird (Reimnitz & Kempema, 1988). Bei weiterer Auskühlung an der Oberfläche geht das "slush ice" in eine körnige Eisstruktur über, das "granular ice". Das noch nicht sehr verfestigte Eis wird bis zu einer Dicke von 70cm "nilas" genannt. Laut Definition gehört dieses Eis noch zur "flaw lead" Zone. Bei weiterem Anwachsen nennt man es "grey ice" und schließlich, als harte Scholle, "drift ice" (siehe Abb. 3).

1.6 Eisberge

Im Gegensatz zum Meereis, daß durch gefrierendes Meerwasser entsteht, haben Eisberge ihren Ursprung in Eiskappen und Gletschern, die ins Meer münden. Die heutigen zirkumarktischen Vergletscherungsgebiete sind: Spitzbergen, Franz-Josef-Land, Severnaya Zemlya, Ellesmere Island und Nordgrönland. Durch die größeren Ausmaße der Eisberge, im Vergleich zum Meereis, können Eisberge durch ihre Langlebigkeit bei Verfolgung ihrer Driftroute als Anzeiger für Strömungen im arktischen Ozean dienen.

Der Hauptanteil arktischer Eisberge wird mit 18km^3 pro Jahr von den grönländischen Gletschern geliefert (Dowdeswell et al., 1993). Daugaard-Jensen, der größte grönländische Gletscher, liefert davon $10\text{km}^3/\text{Jahr}$ (Olesen & Reeh, 1969). Die Eisberge der Grönländischen Gletscher liefern das größte Sediment in den Arktischen Ozean. Von den Gletschern auf Severnaya Zemlya wird durch Eisberge eher feineres Sediment geliefert.

Die meisten Gletscher im zirkumarktischen Raum haben bis zu ihrer Stirnseite Grundberührung. Durch Abbrechen an der Stirnseite (Eisbergkalbung) entstehen bei diesem Typ nur relativ kleine Eisberge, deren Länge kleiner als die Höhe der Gletscherfront ist. Schwimmt das Ende der Gletscherzunge auf, so können größere Bereiche der Gletscherzunge abbrechen und Eisberge mit einer wesentlich größeren Dimension entstehen lassen. Die größten Eisberge (mit einem Verhältnis von Länge zu Höhe $>5:1$) nennt man Tafel-eisberge. Bei einem geringeren Verhältnis von Länge zu Höhe werden sie Blockeisberge genannt (Ackley, 1992).

Der größte Eisberg, der während der Expeditionen ARK-IX/4 (1993) und ARK-XI/1 (1995) gesichtet wurde, hatte einen Durchmesser von 800m, die höchsten gesichteten Eisberge ragten mehr als 20m über den Meeresspiegel heraus (Rachor, 1997). Diese Tafel-eisberge ragen mit nur 1/7 ihrer Größe aus der Meeresoberfläche heraus, so daß sich eine Gesamthöhe von mehr als 140m ergibt (Schell, 1966). Die mächtige Stirnseite des Daugaard-Jensen Gletschers auf Grönland ermöglicht eine Höhe der gekalbten Eisberge von über 500m (Olesen & Reeh, 1969).

1.7 Eisfurchen

Wenn driftendes Eis in geringere Wassertiefen gelangt, kann es am Meeresgrund auflaufen und dort in Driftrichtung Furchen ziehen. Dieses Phänomen wird für unterschiedliche Schelfgebiete in polaren Regionen (u.a. Barnes et al., 1984; Dowdeswell et al., 1993; Grobe, 1986; Rearic et al., 1990; Solheim et al., 1990) beschrieben.

In der Beaufortsee wurden Eisfurchen intensiv untersucht, da dort wo sie entstehen eine Gefährdung von "Offshore-Bauwerken", wie zum Beispiel "Pipelines", gegeben ist (Weeks, in Druck). In der Beaufort- und der Chukchisee wurde beobachtet, daß Untiefen einen großen Effekt auf Eisfurchenhäufigkeit haben (Reimnitz & Kempema, 1988).

In der Harrison Bay der Beaufortsee wurde von Rearic et al. (1989) eine Studie über Eisfurchen von Meereis bezüglich Sedimentaufbereitung und als Strömungsanzeiger durchgeführt. Es konnten zwei Hauptströmungsrichtungen erarbeitet werden. Desweiteren wurde festgestellt, daß in der Harrison Bay in einer Wassertiefe zwischen 5 und 18m über 6000 m³ Sediment pro Jahr und Quadratkilometer aufgearbeitet werden, wobei 50% davon durch Sturmereignisse Richtung Südost und 35% durch allgemeine Strömungen Richtung West ausgetragen werden. Die Eisfurchen wurden mit Hilfe von Seitenecholotaufzeichnungen identifiziert. Sie erscheinen in der Aufsicht deutlich als durchziehende Bahnen (siehe Abb. 5). In der inneren Laptevsee wurden von Lindemann (1994, unveröffentlicht) Seitensichtsonar-Profile untersucht, um Kenntnis über Driftmuster und die Verteilung des Meereises zu erlangen, welches den Meeresgrund durchfurcht. Es wurde zwar keine vorherrschende Driftrichtung entdeckt, aber es konnte das Durchpflügen des Untergrundes durch Eis als ein Sedimentzusammensetzung beeinflussender Faktor nachgewiesen werden. Die Seitensichtsonar-Profile bilden Wassertiefen von 12,3-48m ab. Eisfurchen fand man in Wassertiefen von 12,3-46m. Die meisten Eisfurchen befanden sich mit einer Anzahl von 122 pro Profilkilometer in einer heutigen Wassertiefe von ca. 23m.

Dowdeswell et al. (1992) untersuchten im Scoresby Sund Fjordsystem und am ostgrönländischen Schelf mit Hilfe von Satellitenbildern und Sedimentechographieprofilen aufgelaufene Eisberge und Furchen von aufgelaufenen Eisbergen. Die Gletscher, die in das Fjordsystem fließen, sind die Quelle der häufigsten und größten Eisberge der arktischen Region. Jährlich kalbt dort 18km³ Eis. 31% der Eisberge hatten einen Durchmesser von über 200m, 5 hatten einen Durchmesser >1km. Die häufigsten Wassertiefen, die vermessene Eisberge erreichten, waren je nach Fjord zwischen 100 und 500m. Diese Untersuchung zeigt, daß nicht nur mit Seitenecholotaufzeichnungen, sondern auch mit der Sedimentechographie, bei der man den Meeresboden linienhaft erfaßt, Eisfurchen erkannt werden. Aus folgender Aneinanderreihung von Begebenheiten wurde von Dowdeswell et al.

(1993) geschlossen, daß die aufgezeichneten typischen Unregelmäßigkeiten des Meeresbodens Eisfurchen darstellen:

- Die auf den Sedimentechographieaufzeichnungen wiedergegebenen charakteristischen Oberflächenunregelmäßigkeiten ähneln deutlich den Aufzeichnungen vom Labradorschelf und aus der Barentssee (Josenhans et al., 1986; Solheim et al., 1988), wo Seitenecholotaufzeichnungen und Sedimentechographieaufzeichnungen gewonnen wurden.
- Es wurden viele Tafel eisberge mit großem Tiefgang gesichtet, die durch das Fjordsystem zum angrenzenden Schelf drifteten. Einige gesichtete Eisberge hatten bis 550m Wassertiefe Grundberührung.
- Die Form und Größe der aufgezeichneten Meeresbodenunregelmäßigkeiten stimmen mit vorher beschriebenen Ausmaßen von Eisbergfurchen überein.

Bei der Auswertung der Eisfurchenverteilung wurde eine negative Beziehung zwischen Eisfurchenhäufigkeit und Wassertiefe festgestellt. Die intensivste Durchfurchung des Meeresbodens setzte in einer geringeren Wassertiefe als 300-400m ein.

In der Laptevsee wurden während der Expeditionen ARK-IX/4 (1993) und ARK-XI/1 (1995) ebenfalls ausschließlich Sedimentechographieaufzeichnungen vom Meeresboden gewonnen. Verschiedene Parameter wie zum Beispiel Schelfmorphologie, vorherrschende Strömungsrichtung, Strömungsstärke, Größe der driftenden Eisberge, Dichte und Beschaffenheit des Untergrundes, könnten die unterschiedlichsten Ausbildungen an Eisfurchen zur Folge haben, die es auf den Sedimentechographieaufzeichnungen zu interpretieren gilt.

1.8 Permafrost

Als Permafrost wird allgemein ganzjährig gefrorener Boden bezeichnet. Der oberste saisonal auftauende Boden wird in Permafrostgebieten aktive Permafrostschicht genannt (Lachenbruch, 1968). Submariner Permafrost ist auf den verschiedenen Kontinentalschelfen des arktischen Ozeans zu finden, wo er die Folge von Meeresspiegelschwankungen und Küstenerosion in Verbindung mit früheren kalten Klimaten ist. Der kontinentale Permafrostboden entstand während pleistozäner Meeresspiegeltiefstände, als der heutige Schelf trocken lag (Mackay, 1972; Lewellen, 1973). Seit der Überflutung des Permafrostbodens ist er einem Auftauungsprozeß unterworfen und wird daher als relikte bezeichnet. In der Prudhoe Bay (Alaska) wird die Auftaurate mit 1cm Tiefe pro Jahr angegeben (Lachenbruch et al., 1982). Nachfolgende Skizze veranschaulicht in idealisierter Form die vertikale Verteilung des submarinen Permafrostes (Abb. 4). Das Schelfgebiet der Laptevsee enthält nach Romanovskii et al. (1998) einen durchgehenden relikten submarinen

Permafrostboden bis zu einer Wassertiefe von 60-70m und einen partiell vorhandenen Permafrostboden bis zu einer Wassertiefe von 100m. Permafrostfreie Bereiche bis zu einer Wassertiefe von 20m werden mit gefluteten Flußtäälern und aktiven tektonischen Störungen in Verbindung gebracht, in denen eine stärkere Wärmezufuhr stattfindet ($>80-100 \text{ mW/m}^2$). Der mächtigste submarine Permafrostkörper wird, je nach geothermischem Wärme fluß (geringster $30-50 \text{ mW/m}^2$), mit 200-600m bei einer Wassertiefe von 20-70m angegeben.

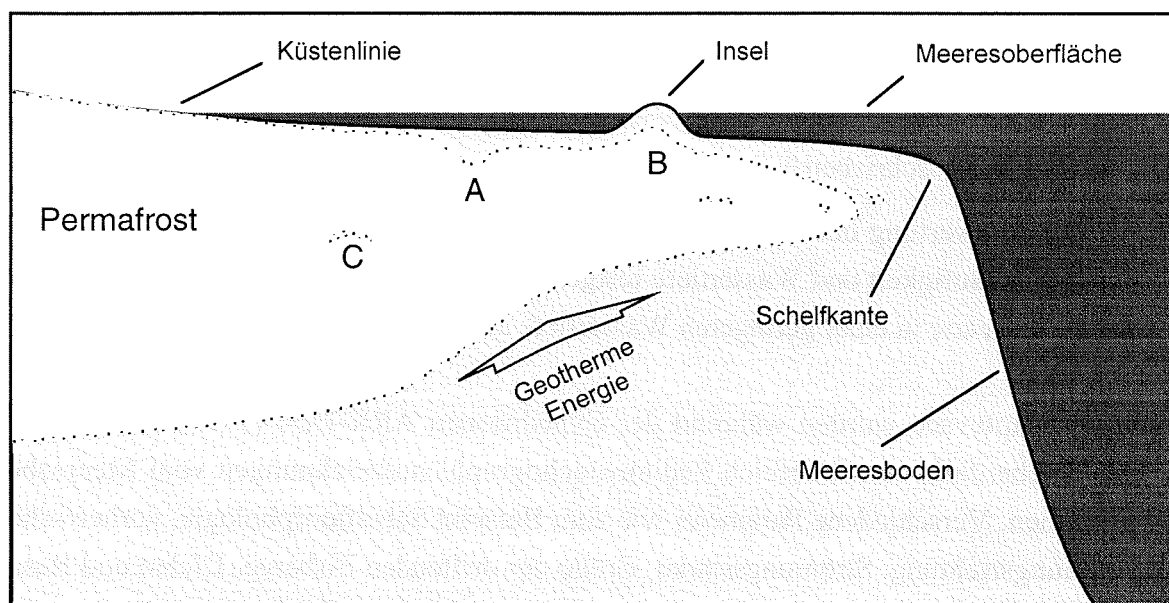


Abb. 4: Idealisierte vertikale Verteilung des submarinen Permafrostes. Das partielle Absinken der oberen Permafrostgrenzschicht (A) symbolisiert die Nähe eines früheren Flußes oder Sees. Inseln verringern lokal den Auftauprozess des submarinen Permafrostes (B). Besondere interne Beschaffenheiten können auch innerhalb des Permafrostkörpers ungefrorene Bereiche hervorrufen (C) (verändert nach Rogers & Morack, 1983)

1.9 Pockmarks

"Pockmarks" sind runde kraterähnliche Vertiefungen von 1-30m Tiefe und mit einem Durchmesser bis 700m. Sie entstehen durch austretende Flüssigkeiten und Gase (King & Mac Lean, 1970; Mienert et al, 1998). Diese marinen Krater werden in der aktuellen Forschung mit dem Vorkommen von Gashydraten in Verbindung gebracht (Fader, 1991). Gashydrate haben eine eisähnliche kristalline Struktur, die aus einer Mischung von Wasser und natürlichen Gasen (meist Methan) bestehen. Man kann sie überall dort finden, wo Druck und Temperatur die Hydratstruktur stabilisieren. Solche Bedingungen herrschen entlang der Kontinentalränder. In den höheren Breiten werden sie mit Permafrost in Verbindung gebracht (Taylor, 1998). In der Barentssee wurden "Pockmarks" in der Nähe eines Gashydratfeldes entdeckt. Sie haben einen Durchmesser bis zu 700m und sind bis zu 28m

tief (Hovland & Mienert., 1992; Lammers et al., 1995). Viele "Pockmarks" traten in diesem Gebiet innerhalb von Eisfurchen oder parallel dazu auf (siehe Abb. 5) (Hovland & Judd, 1988).

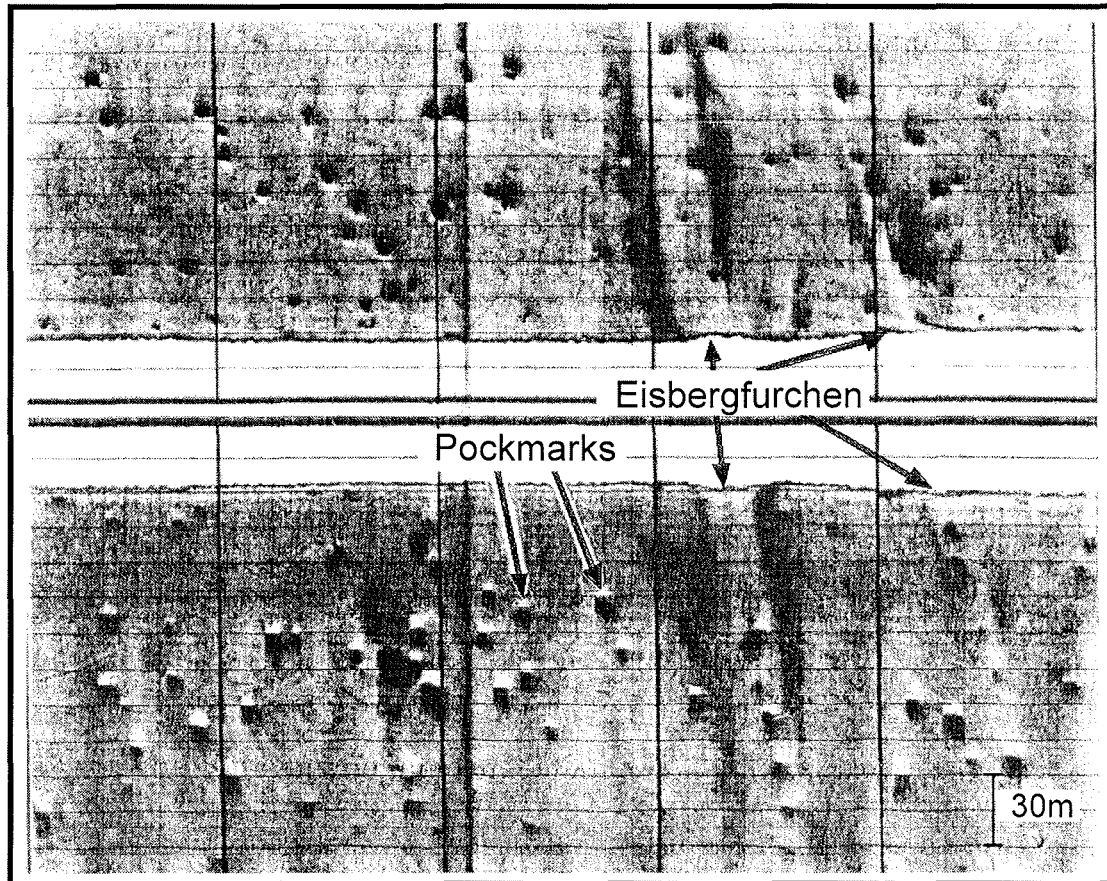


Abb. 5: Seitenecholotaufzeichnung mit "Pockmarks" und Eisbergfurchen in der Barentssee über dem Snøhvit Gashydratfeld (aus: Hovland & Judd, 1988)

Wie in Abb. 6 zu sehen ist, unterscheiden sich "Pockmarks" von Eisfurchen in Sedimentechographieprofilen durch das Fehlen von Wällen, die durch das Pflügen des Meeresbodens entstehen (siehe Abb. 10-12).

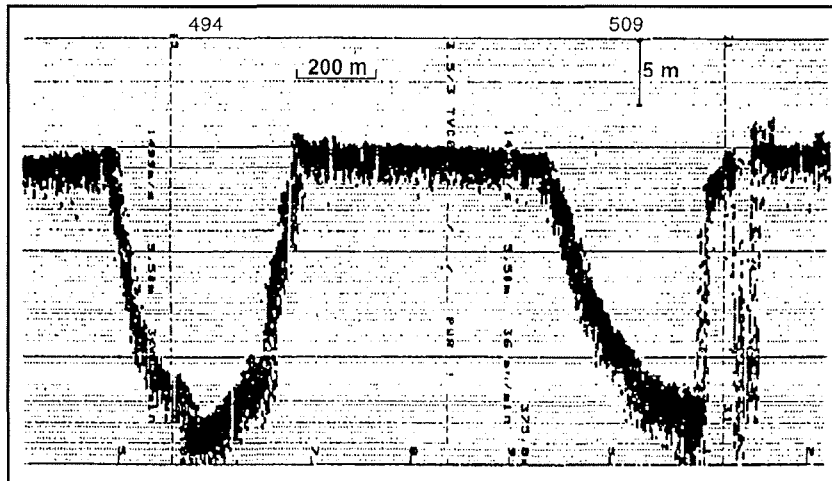


Abb. 6: Parasoundprofilausschnitt mit "Pockmarks" in der Barentssee (aus Mienert et al., 1998)

1.10 Arbeitsgebiet

Die zu untersuchenden Parasoundprofilabschnitte werden umgrenzt von: 82° N, 90° O und 74,5° N, 146° O (siehe Karte I-Karte VI/c).

Das Arbeitsgebiet deckt den gesamten Schelfkantenbereich und Bereiche der zentralen Laptevsee ab.

1.10.1 Eisschilde des letzten Glazials

Für das Gebiet der Laptevsee können bis jetzt noch keine gesicherten Angaben über Lage und Ausdehnung der Eisschilde des letzten Glazials gemacht werden. Zur Zeit werden drei Modelle diskutiert:

Das Modell mit der umfassendsten Vereisung liefert Grosswald (1988). Er diskutiert eine Totalvereisung der sibirischen Schelfgebiete einschließlich der arktischen Archipele und Nordeuropas. Das Vereisungszentrum wird mit einer 2500m mächtigen Eiskappe über Novaya Zemlya, Karasee und dem Ural angegeben.

Dunayev & Pavlidis (1988) hingegen liefern das Modell mit der geringsten Vereisung im arktischen Raum. In diesem Modell sind nur kleinere lokale Eiskappen für die arktischen Archipele Spitzbergen, Franz Joseph Land, Novaya Zemlya und Severnaya Zemlya, sowie den Hochgebirgen Ural und Byrranga auf der Halbinsel Taymyr angegeben. Das Zentrum der Vereisung liegt in diesem Modell über Fennoskandia.

Elverhøi et al. (1993) geben ein etwas östlicher gelegenes 2500m mächtiges Vereisungszentrum über Novaya Zemlya an. In diesem Modell wird eine geschlossene Eisdecke von Nordeuropa bis Mittelsibirien angenommen. Die arktischen Archipele bilden die nördliche Grenze der geschlossenen Eisdecke. Die östliche Grenze wird von der Halbinsel Taymyr und dem nördlich gelegenen Schelfgebiet bei Severnaya Zemlya gebildet. Das übrige Gebiet der Laptevsee ist in diesem Modell eisfrei.

In der Arbeit von Weiel (1997, unveröffentlicht) wurde der östliche Kontinentalhang von Severnaya Zemlya, die Schokalsky-Rinne und die Vilkitsky-Straße bezüglich Spuren von glazialen Überprägungen untersucht. Die Untersuchung zeigt für das letzte Hochglazial (Stadium 2) im Bereich von Severnaya Zemlya und dem nördlichen Mittelsibirien eine Gebirgsvergletscherung mit geschlossener Schokalsky-Straße und eisfreier Vilkitsky-Straße.

1.10.2 Geographie

Die Laptevsee ist eines der drei Epikontinentalmeere der sibirischen Arktis. Sie grenzt nördlich an die Ausläufer des Nansen- und Amundsen-Beckens, südlich an das mittelsibirische Tiefland. Im Westen ist es von dem teilweise vergletscherten Archipel Severnaya Zemlya und der Taymyr Halbinsel, im Osten von den Neusibirischen Inseln in Verlängerung zum Lomonosov-Rücken umgeben. Die Fläche der Laptevsee beträgt nach Timokhov (1994) 662 000km².

In die Laptevsee entwässern 5 große Flußsysteme. Das größte System, die Lena, besitzt vier Hauptmündungsarme, die in einem ausgedehnten Delta mit einer Fläche von 28 000km² (Reineck & Singh, 1980) zu 84% in östliche bzw. nordöstliche Richtung entwässern (Létolle et al., 1993).

Die bedeutendste Stadt an der Laptevsee heißt Tiksi und liegt an der Lenamündung. Die dortigen Temperaturen (°C) und Niederschläge (mm) im langjährigen Mittel sind:

Tab. 1: Temperatur- und Niederschlagswerte von Tiksi im langjährigen Mittel (aus: International Station Meteorological Climate Summary, Vers. 4.0)

	Jahr	Jan.	Feb.	Mär.	Apr.	Mai	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.	Dez.
°C	-12	-30	-28	-25	-17	-6	3	7	6	1	-11	-23	-26
mm	190	7	5	5	5	7	33	45	48	27	7	5	10

1.10.3 Bathymetrie

Die Laptevsee besitzt einen flachen und breiten Schelf mit einer mittleren Wassertiefe von 50-74m. Mit einem maximalen Höhengradienten von 5 m/km besitzt der Schelf eine sehr geringe Neigung (Holmes & Creager, 1974). Das Gesamtvolumen der Laptevsee beträgt ca. 340 000km³. Die 5 großen Rinnenstrukturen des Schelfs: Anabar-Khatanga-Rinne, Olenek-Rinne, westliche Lena-Rinne, östliche Lena-Rinne und Yana-Rinne wurden während pleistozäner Meerestiefststände angelegt (Holmes & Creager, 1974; Aagaard et al., 1985; Perry et al., 1986).

Die Lena- und Yana-Mündungsgebiete lagen während dieser Zeiten etwa 300km nördlich der heutigen Position. Die unregelmäßigere Bathymetrie im Westteil der Laptevsee wird mit der Inlandeisverteilung des letzten Glazials in Verbindung gebracht (Lindemann, 1994, unveröffentlicht). Die Grenze des Inlandeises zu dieser Zeit wird westlich des heutigen Olenek angenommen (Holmes & Creager, 1974).

1.10.4 Hydrographie

Die jährliche Süßwasserzufuhr in die Laptevsee beträgt 767km³ (Timokhov, 1994). Die wichtigsten Quellen sind die Lena mit 514-525km³/Jahr, Khatanga mit 105km³/Jahr und Yana mit 30km³/Jahr (Aagaard & Carmack, 1989). Weitere Zuflüsse sind Anabar und Olenek. Die Zuflußraten unterliegen aufgrund der mehr als neun-monatigen Eisbedeckung einer starken jahreszeitlichen Schwankung. Auf die wenigen Sommermonaten fallen ca. 70% des Flußwasserjahreseintrags (Boisvert, 1970). So entsteht mit 4-5°C relativ warmes Oberflächen-Brackwasser, welches das -2°C kalte, hoch saline Wasser überschichtet (Létolle et al., 1993; Kassens & Karpiy, 1994). Die Oberflächenströmung der Laptevsee erfolgt entlang der Ostküste von Severnaya Zemlya und der Halbinsel Taymyr Richtung Süden (Suslov, 1961). Dort wird das Wasser mit dem Eintrag von Khatanga und Anabar vermischt. Anschließend fließt es küstenparallel nach Osten. Durch den Lenaausstrom wird die Strömung in nordöstliche Richtung abgelenkt und später in einen nördlichen und einen östlichen Strom aufgeteilt. Die durchschnittliche Strömungsgeschwindigkeit in der Laptevsee wird mit <10cm/s angegeben. Entlang 130° östliche Länge werden für die Zeit zwischen Mitte Juli und August Durchschnittsgeschwindigkeiten von 25cm/s bis maximal 50cm/s erreicht (Boisvert, 1970). Auch in der äußeren Laptevsee werden die Strömungen durch die Abflußmengen von Lena und Khatanga beeinflusst. Nur bei niedrigen Abflußraten kann so ein Einstrom von atlantischen und pazifischen Wassermassen bis in Küstennähe erfolgen (Gorshkov, 1983).

Der Tidenhub in der Laptevsee, beträgt im Durchschnitt 0,1m (Kotelnyy) bis 0,4m (Tiksi) (The Hydrographers of the Navy, 1993). Bei Sturmfluten können bis zu 2m Tidenhub erreicht werden (Timokhov, 1994). Es werden aber auch mögliche Höhen zwischen 3 und 5m angegeben (Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, 1993).

1.10.5 Eisbergsituation in der Laptevsee

Während der Expedition ARK-IX/4 (1993) wurden Eisbergbeobachtungen vom Schiff, vom Hubschrauber und mit Hilfe von Radarbildern gemacht. Es wurden 15 Eisberge nordöstlich der Insel Maly Taymyr gesichtet, von denen die meisten in einer Wassertiefe von 20-50m aufgelaufen zu sein schienen. Die meisten Eisberge hatten einen Durchmesser von 30-100m, zwei besaßen einen Durchmesser von 150-250m mit einer Höhe von 15-20m über der Meeresoberfläche. Weitere 6 wurden bei 79°10,73'N 123°05,03'O gesichtet. Der größte Eisberg dieser Gruppe besaß einen Durchmesser von 40-50m und eine Höhe von 9m über NN. Zwei weitere Eisberge wurden 70km nördlich gesichtet. Auf einem Flug zu den vermuteten Eisbergquellgebieten auf der östlichen Seite von Severnaya Zemlya wurden mit Hilfe von Radarbildern 259 Eisberge identifiziert. Zwei Hauptquellen konnten ausgemacht werden. Zum einen die Eiszunge eines Gletschers, der sich von der Insel Oktoberrevolution in den am Ostrand gelegenen Matussevich-Fjord mündet und ein Eisstrom, der in der Roten Armee-Straße endet, die sich zwischen den Inseln Oktoberrevolution und Komsomolets befindet. Abschätzungen zufolge kalben von diesen Lokationen Tafel Eisberge mit einem Durchmesser bis >1km. Während der Expedition ARK-XI/1 (1995) wurden mit einem Hubschrauber erneut Flüge in die Nähe des Matussevich-Fjords und der nördlich gelegenen Eiszunge unternommen. Insgesamt wurden dabei 16 (meistens Tafel Eisberge) überflogen. Es hatten 2 Eisberge eine Höhe von 20-25m über NN, 6 Eisberge besaßen eine Höhe von 10-15m über NN, gefolgt von 5 Eisbergen mit 15-20m über NN, 2 Eisberge besaßen eine Höhe von 5-10m über NN und ein Eisberg war <5m über NN hoch. Aus dieser Verteilung wurde eine Verteilungskurve erstellt, aus der hervorging, daß die größten Eisberge in der Region nicht viel höher als 30m über NN erreichen können (Rachor, 1997). Nach Schell (1966) würde das einen maximalen Tiefgang von weniger als 210m unter NN bedeuten. Rachor (1997) gibt eine maximale Wassertiefe von 250-300m an.

2 Methodik

2.1 Einleitung

Die Eigenschaft, daß Schallwellen bei jeder Änderung des Ausbreitungsmediums in ihrer Laufrichtung beeinflußt oder sogar reflektiert werden, kann man sich meßtechnisch zunutze machen. Durch spezielle, miteinander kombinierte, Sende- und Empfangssysteme lassen sich so detaillierte Informationen über die beschallte Umgebung gewinnen. Die Mächtigkeit der kleinsten noch erfaßbaren Schallreflektoren ist dabei von der Frequenz bzw. Wellenlänge des ausgesendeten Signals abhängig. Je kleiner die Wellenlänge und somit je höher die Frequenz, desto kleinere Anomalien im Ausbreitungsmedium können noch erfaßt werden. Dafür wird jedoch die Energie des Signals schneller absorbiert (Spieß, 1992, 1993).

Um nicht nur die Entfernung und die Topographie des Meeresgrundes zu erfassen, sondern auch Informationen über den Untergrund zu erhalten, wurden die hochauflösenden Sedimentecholote entwickelt.

2.2 Sedimentecholote

Der technische Grundstein für Sedimentecholote und somit auch dem Parasoundsystem wurde schon 1911, mit der Entwicklung eines akustischen Schwingers durch R. A. Fessenden und dem von A. Behm zwei Jahre später entwickelten Echolotprinzip, gelegt (Spieß, 1992).

Nachdem umfassende Studien der Topographie des Meeresbodens und die systematische Beprobung der obersten Sedimentschichten eine große Zahl von Fragen aufwarfen, die nur mit einer flächenhaften Vermessung des Meeresbodens beantwortet werden konnten, wurde dann in den fünfziger Jahren der Bedarf nach einem hochauflösenden seismischen System formuliert (Luskin et al., 1954; Knott & Hersey, 1956).

2.3 Hydroakustik

Bei der Hydroakustik wird die gute akustische Leitfähigkeit des Wassers ausgenutzt. Ein von einer Schallquelle ausgesendeter Impuls führt zu einer Dichteänderung seiner unmittelbaren Umgebung. Die so entstandene Longitudinalwelle breitet sich je nach Wassertemperatur und Druck unterschiedlich schnell aus. Die Salinität spielt eine eher untergeordnete Rolle. Bei Zunahme der Wassertiefe von 0 auf 5000m und einem Temperaturanstieg von

anstieg von 0° C auf 30° C erhöht sich die Schallgeschwindigkeit um ca. 80 m/s (Spieß, 1992). Durch folgende vereinfachte empirische Formel kann die Schallgeschwindigkeit c in Abhängigkeit von der Wassertiefe z (in m), Temperatur T (in °C) und Salinität S (in ‰) berechnet werden (nach Clay & Medwin, 1977):

$$c = 1449,2 + 4,6 T - 0,055 T^2 + 0,00029 T^3 + (1,34 - 0,01 T) (S - 35) + 0,016 z$$

Da für die profilierende Vermessung mit Echoloten keine Geschwindigkeitsinformation über die gesamte Wassersäule erhältlich ist, wird standardmäßig eine Wasserschallgeschwindigkeit von 1500 m/s angenommen (Spieß, 1992). An der Grenzschicht zu einem Medium anderer Dichte wird der ausgesendete Impuls reflektiert und kann empfangen werden. Ein "Transducer" vereinigt hierbei die Funktion des Impulssenders und Empfängers.

2.4 Das Parasoundsystem

Das von der Firma STN Atlas Elektronik GmbH, Bremen entwickelte Parasoundsystem stellt ein hochauflösendes Sediment-Echographie-System nach dem hydroakustischen Verfahren dar.

2.4.1 Die Funktionsweise des Parasoundsystems

Im Gegensatz zu den konventionellen Sedimentecholot-Systemen, die sich auf die Aussendung aufeinanderfolgender Schallimpulse beschränken, werden beim Parasound gleichzeitig zwei benachbarte hohe Frequenzen ausgesendet (Holler, 1995). Der Schall wird durch 128 einzelne, in einem 0,9m x 1,20m großen Rechteck angeordnete piezoelektrische Schallgeber ("Transducer") erzeugt. Diese, fest im Schiffsrumpf installierten Sende- und Empfangskomponenten besitzen insgesamt eine Sendeleistung von 70 kW. Die ausgesendeten Frequenzen, eine mit konstant 18kHz (Pilotfrequenz) und die andere variabel zwischen 20,5-23,5kHz, interferieren in der Wassersäule, die für die Wellenausbreitung durch die nichtlineare Beziehung zwischen Druck und Dichte kein ideales Medium ist. Durch diesen sogenannten parametrischen Effekt resultiert eine Sekundärfrequenz, die mit 2,5-5,5kHz jeweils der Differenz der beiden ausgesendeten Frequenzen entspricht (Holler, 1995).

Der durch die Interferenz entstehende geringe Abstrahlwinkel von ca. 4° (Spieß, 1992) hat den Vorteil, daß weniger störende Seitenechos, wie zum Beispiel "Seamounts" oder Flan-

ken von Rinnenstrukturen und eine kleinere beschallte Echofläche, der sogenannte "Footprint", empfangen wird als bei herkömmlichen 3,5kHz Sedimentecholoten mit Öffnungswinkeln von 20-40°. Somit wirkt die Energie der Sekundärfrequenz, die sich auf die geringe Fläche von nur 7% der Wassertiefe konzentriert, höher auflösend als bei 3,5kHz Anlagen mit einem "Footprint" von ca. 20% der Wassertiefe.

Der geringe Abstrahlwinkel von ca. 4° macht jedoch eine zusätzliche Strahlstabilisierung erforderlich, da die vom Seegang abhängige Neigungsänderung des Schiffes nicht mehr vernachlässigt werden kann. Erreicht wird diese Richtungssteuerung durch die unabhängig ansteuerbaren Schallgeber. Nachdem ein Kreiseltisch den Roll- und Stampfwinkel des Schiffes weitergegeben hat, werden die relativen Abstände der einzelnen 128 Elemente zu einer fiktiven horizontalen Bezugsfläche errechnet und daraufhin entsprechend verzögert angesteuert, so daß eine horizontale Schallfläche nach unten abgestrahlt wird. Da die Hubbewegungen des Schiffes die Gesamtlaufzeit des ausgesendeten Signals beeinflussen, ist zusätzlich eine Hubkompensationsanlage zwischengeschaltet, die den Sende- und Empfangszeitpunkt so korrigiert, daß für die einzelnen Echogramme ein einheitliches Bezugsniveau entsteht. Auf diese Weise kann der Tiefenverlauf auf ca. 10cm genau festgelegt werden.

Die entfernungsabhängige Amplitudenabnahme der ausgesendeten Signale wird durch einen logarithmischen Verstärker kompensiert. Eine technisch aufwendige Breitbandverstärkung und eine anschließende Isolierung des Frequenzbandes von 2-6kHz durch einen steilen analogen Bandpaßfilter ermöglicht eine vollständige Trennung der parametrischen Komponente mit weniger als 1% Wirkungsgrad von der wesentlich stärkeren hochfrequenten Primärfrequenzen (18-23,5kHz).

Es läßt sich nicht nur die Höhe der ausgesendeten Frequenz variieren, sondern auch die Anzahl der ausgesendeten Perioden. Bis zu 8 Perioden der jeweiligen Sinusschwingung können aufeinanderfolgend ausgesendet werden. Bei einer Sekundärfrequenz von 4kHz entspricht das einer Gesamtzeit von 2ms. Mit der Verlängerung des Signals kann zum einen eine höhere Energie ausgesendet werden und zum anderen eine stärkere konstruktive Interferenz innerhalb der Sedimentsäule aufgebaut werden (Spieß, 1992). Eine konstruktive Interferenz tritt ein, wenn der Gangunterschied zweier unterschiedlicher Wellen gerade ein ganzzahliges Vielfaches der Wellenlänge ist. So trifft Maximum auf Maximum und Minimum auf Minimum der beiden Wellen. Dies hat zur Folge, daß die Reflexionsamplituden erhöht werden (Gerthsen et al., 1989).

Die Einstellung des Tiefenbereichs (Range), der den Wert $\leq 500\text{m}$, $\leq 1.000\text{m}$, $\leq 2.000\text{m}$, $\leq 5.000\text{m}$ und $\leq 10.000\text{m}$ betragen kann, legt fest, wann der "Transducer" von Senden auf Empfangen umschaltet. Das Tiefenfenster (Delay), welches den Ausschnitt auf dem Analschrieb angibt wird manuell durch den Parasoundsystembetreuer nachgeführt. Er ver-

folgt auf dem Anlogschrieb die seismische Aufzeichnung und verhindert ein Herauslaufen des Profils aus dem Tiefenfenster.

Die Ergebnisse werden analog auf einem DESO-25 Schwarzweiß-Schreiber und farbig nach einer Digitalisierung durch das Datenerfassungssystem Paradigma aufgezeichnet (Spieß, 1992).

2.4.2 Grenzen des Parasoundsystems

Ein Nachteil des Parasoundsystems ist der Verlust des reflektierten Signals, sobald der Meeresboden steiler ist als der halbe Winkel des ausgesendeten Schallkegels, also ca. 2° . Bei einem größeren Winkel trifft das reflektierte Signal nicht die Empfangseinheit, sondern geht daran vorbei (siehe Abb. 7).

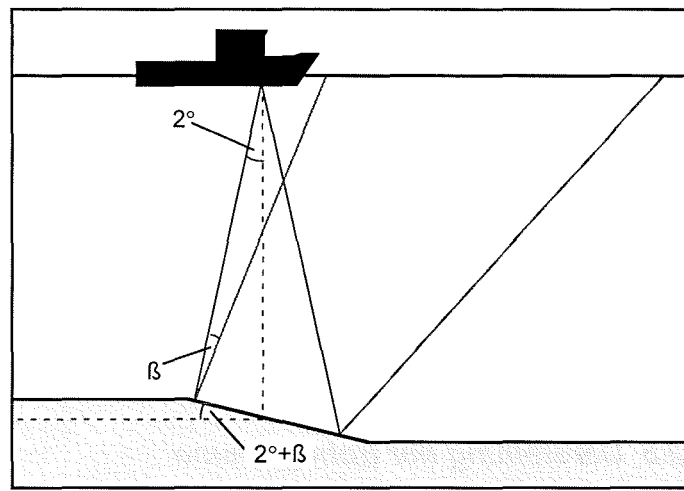


Abb. 7: Schematische Zeichnung zur Erläuterung des Verlustes des ausgesendeten Parasoundsignals bei einem Neigungswinkel des Meeresbodens $> 2^\circ$

Nach Geyer (1983) ist die Grenze der vertikalen Auflösung des Parasoundsystems d durch die Wellenlänge des ausgesendeten Signals λ in dem Ausbreitungsmedium vorgegeben und beträgt:

$$d = \frac{1}{4} \lambda.$$

Über den Bezug

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

kann nun bei Angabe der ausgesendeten Frequenz f und der Ausbreitungsgeschwindigkeit v der Abstand d berechnet werden.

Bei einer Ausbreitungsgeschwindigkeit v von 1500 m/s und einer Frequenz f von 4kHz resultiert eine Wellenlänge λ von

$$\frac{1500 \text{ m/s}}{4000 \text{ Hz}} = 37,5 \text{ cm}$$

Somit ergibt sich für die Auflösung d ($=1/4$ ()) ein Abstand von 9,375cm.

Die horizontale Auflösung ist bei den Messungen durch den eingestellten Tiefenbereich festgelegt. In der nachstehende Tabelle sind typische Werte aufgeführt:

Tab. 2: Beispielwerte für die horizontale Auflösung des Parasoundsystems (aus: Spieß, 1993)

Wassertiefe (m)	Zweiwege- laufzeit (s)	Trigger- periode (s)	Durch-mes- ser (m)	Schußabstand/Überlappungszahl		
				5 kn (m) / ()	10 kn (m) / ()	15 kn (m) / ()
50	0,07	0,21	3,5	0,5 / 07	1,0 / 3	1,5 / 2
100	0,13	0,42	7,0	1,0 / 07	2,0 / 3	3,0 / 2
200	0,27	0,83	14,0	2,0 / 07	4,0 / 3	8,0 / 2
500	0,67	1,33	35,0	3,3 / 10	6,6 / 5	10,0 / 3

Zweiwegelaufzeit: Zeit, die das Signal vom "Transducer" zum Reflexionshorizont und zurück braucht.

Triggerperiode: Der Zyklus, in dem sich alle Operationen während des Echolotbetriebs wiederholen.

Durchmesser: Durchmesser des Footprints, der sich aus dem Abstrahlwinkel und der Wassertiefe ergibt.

Schußabstand: Der Schußabstand ergibt sich aus der Triggerperiode und der Schiffsgeschwindigkeit.

Überlappungszahl: Anzahl aufeinanderfolgender Pulse, deren Echofläche sich überlappen.

2.5 Darstellung der Echogramme

Eine gängige Technik zur Darstellung der Echogramme ist die Papieraufzeichnung mit EPC-Recordern. Sie verwenden zwar nur 16 Graustufen, doch ist eine Unterscheidung zwischen benachbarten Graustufen und eine gute Reproduktion schwierig. Die aufgezeichneten Reflektoren erscheinen mit zunehmender Eindringtiefe in das Sediment durch zunehmende Absorption häufig nur noch hellgrau. Durch natürliche Amplitudenschwankungen können die Reflektoren entlang eines Profils streckenweise auch vollständig verschwinden. Der Schwellenwert kann zwar manuell nachgeführt und somit an die aktuellen Reflexionsverhältnisse angepaßt werden, dies verhindert allerdings eine objektive Reproduktion und behindert detaillierte vergleichende Analysen verschiedener Profilabschnitte. Bei dem für die Parasoundanlage verwendeten analogen Ausgabegerät DESO 25 wurde daher eine andere Darstellungsform geschaffen. Der Dynamikumfang der empfangenen Signale wird in einer Baueinheit reduziert und oberhalb eines bestimmten Schwellenwertes in einem einheitlichen Grau dargestellt. Neuere Versionen des Gerätes verwenden zusätzlich ein differenziertes Signal der Hüllkurve der empfangenen Werte. Ein Gleichrichtermodul übernimmt dabei jeden ansteigenden Amplitudenwert, läßt allerdings nur eine bestimmte prozentuale Amplitudenabnahme des vorherigen Wertes zu. Nach Differenzierung der asymmetrischen Einhüllenden erhält man ein Maximum an den jeweiligen steilen An-

stiegsflanken, die im Echogramm als schwarze Linie den jeweiligen Reflexionseinsatz markieren.

Durch diese Methode wirkt das Echogramm kontrastreicher und auch schwächere Reflektoren werden deutlicher abgebildet (Spieß, 1992).

2.6 Aufbereitung der Rohdaten

2.6.1 Verwendetes Material

Die zu bearbeitenden Daten lagen vor:

- in Form von Analschrieben des DESO-25 Schwarzweiß-Schreibers
- in Form von farbigen Ausdrucken der digitalen Paradigma Datenerfassung
- in Form von tabellarischen Ausdrucken.

Die Länge der Y-Achse der Schwarzweiß-Ausdrucke entspricht, je nach in Abhängigkeit von der Morphologie des überfahrenen Meeresbodens gewählter Auflösung, einer Tiefe von 50, 100, oder 200m und ist mit Hilfslinien im 2mm Abstand versehen. Ein Linienabstand entspricht je nach gewählter Auflösung 50cm, 1m, oder 2m. Zur Berechnung der Tiefenskala wird eine Ausbreitungsgeschwindigkeit des akustischen Signals von konstant 1500 m/s zugrunde gelegt.

Auf der X-Achse wurde nach der Uhrzeit (UTC) geplottet. Durch den variablen Vortrieb des DESO-25 Schreibers, kann die horizontale Auflösung individuell angepaßt werden.

Die farbigen Plots für die Fahrt von ARK-IX/4 (1993), die einen regionalen Überblick über das Relief liefern sollen und zur besseren Erkennung von Großstrukturen dienen, sind in der Hochachse auf 200 Tiefenmeter skaliert, mit einer Hilfslinie alle 50m. Die Längsachse ist auf die Zeit geeicht, mit einer Hilfslinie bei jeder Minute und einem Abstand von wahlweise ca. 0,4mm, oder 1,6mm. Darunter sieht man in die Zeitskala eingebunden die Entfernung in Form von wechselnden schwarzen und weißen Balken, deren jeweiliger Abstand 500m darstellt.

Über dem Plot sind graphisch Geschwindigkeit, Kurs, Bugrichtung und die Intensität des reflektierten Signals dargestellt.

Bei den farbigen Plots der Fahrt von 1995 wurde meistens ebenfalls eine horizontale Auflösung von 200m gewählt. Die Hilfslinien erscheinen unabhängig von der gewählten Auflösung, alle 25 Tiefenmeter. Die Abstände der Zeitachse sind variabel, die meiste Zeit überstellte eine Minute Fahrt auf dem Plot ca. 1cm dar. Unter der Zeitskala ist wiederum eine

Streckenskala in 500m Einteilung. Über dem Plot ist graphisch die Amplitudenstärke des reflektierten Impulses dargestellt.

2.6.2 Gebietsfestlegung

Innerhalb der Laptevsee wurden die Profilstrecken der Expeditionen ARK-IX/4 (1993) und ARK-XI/1 (1995) ausgewählt, die oberhalb der Schelfkante verlaufen. Der genaue Beginn jedes Profils und die Unterteilung in einzelne Abschnitte wurde anhand der Paradigma-Plots festgelegt, die eine 500m Abstufung des Profilbeginns erlaubte. Eine allgemeine Furchenausählung von 1993 in der Laptevsee lag schon vor, in der eine 5km Einstufung gewählt wurde. Diese Unterteilung wurde daher für eine genauere Untersuchung der Auszählung von 1993 und der noch nicht ausgewerteten Daten von 1995 beibehalten. Jedes Profil wurde durchgehend numeriert. Mittels der darüber stehenden Zeitangabe konnten die einzelnen Untersuchungsabschnitte auch auf die DESO-25 Plots übertragen werden, auf denen kleinskalige Unebenheiten besser ausgewertet werden können.

2.6.3 Erstellung der Daten

Es wurden verschiedene Kriterien zur Erstellung der Daten erarbeitet und daraufhin festgelegt.

2.6.3.1 Wassertiefe

Für jeden 5km langen Untersuchungsabschnitt wurden im DESO-25 Plot die maximale und minimale Tiefe an der Oberfläche des nicht zerfurchten Meeresbodens festgelegt.

Um die mittlere Wassertiefe zu erhalten wurde eine Linie durch den Untersuchungsabschnitt gelegt, so daß die Bereiche die oberhalb der Linie liegen, die gleichen Flächen der unteren Bereiche haben. Die Wassertiefe, in der die Linie im Zentrum des Abschnittes zu finden war, wurde als mittlere Wassertiefe festgelegt. Bei annähernd stetiger Ab- oder Zunahme der Wassertiefe wurde die mittlere Wassertiefe aus minimaler und maximaler Wassertiefe berechnet (siehe Abb. 8).

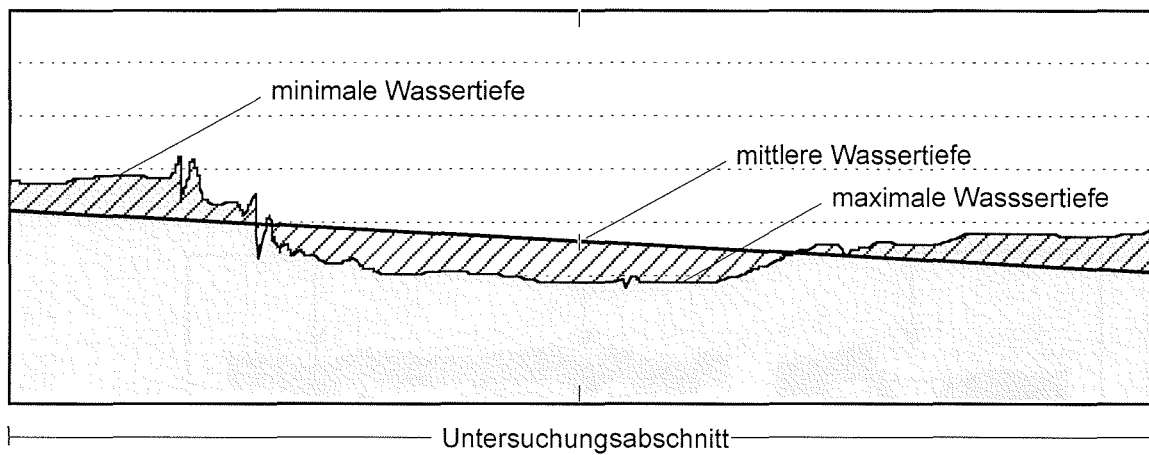


Abb. 8: Schematische Zeichnung zur Festlegung der mittleren Wassertiefe der Untersuchungsabschnitte

2.6.3.2 Typisierung der Eisfurchen

Die in den Datensatz aufgenommenen Eisfurchen wurden je nach Erscheinungsbild in drei unterschiedliche Klassen eingeordnet. Diese wurden hauptsächlich durch den Winkel der Dämme und der Strukturierung der Eisfurche festgelegt. In Abb. 9 sind die wichtigsten Begriffe zur Bezeichnung unterschiedlicher Eisfurchenbereiche aufgeführt.

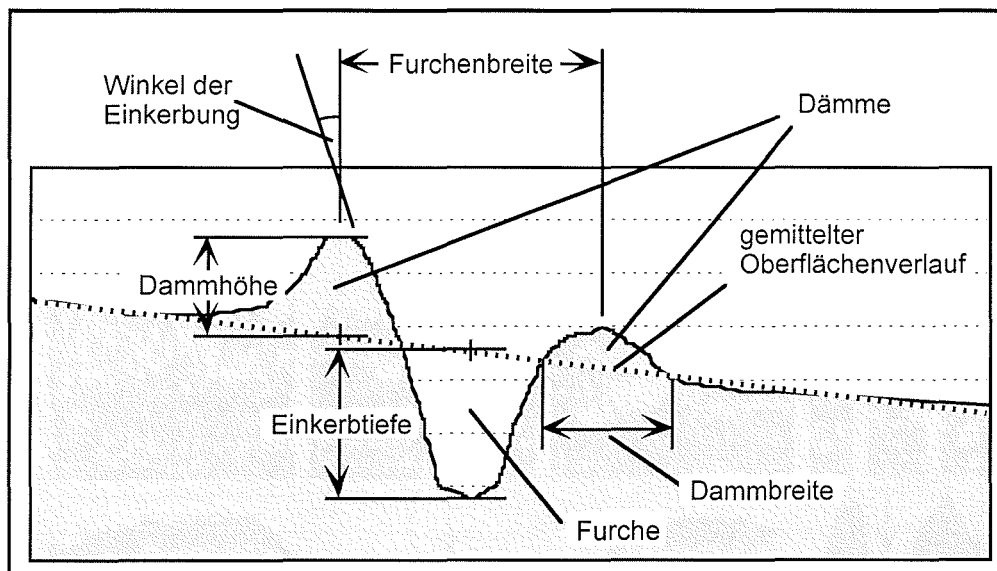


Abb. 9: Schematische Zeichnung zur Erläuterung der Begriffe einer Eisfurche

Die Klassifizierung der verschiedenen Furchentypen unterscheidet sich wie folgt:

"geringe Reliefenergie" (siehe Abb. 10): flachgründige Eisfurchen mit nur schwach erkennbaren Dämmen, die annähernd parabelförmiges Aussehen besitzen, ohne weitere Gliederung.

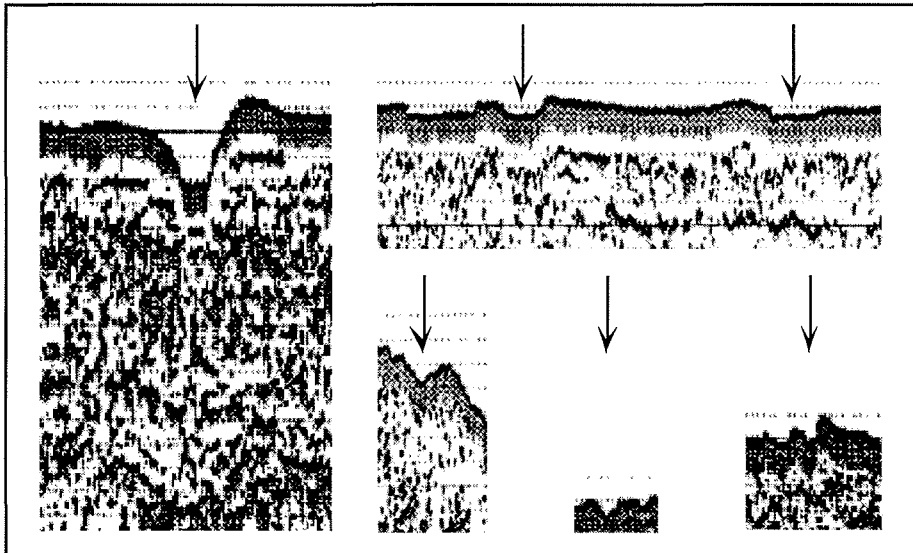


Abb. 10: Detail-Beispiele für den Furchentyp "geringe Reliefenergie"

"mittlere Reliefenergie" (siehe Abb. 11): tiefgründigere Eisfurchen mit steileren Dämmen, häufig noch parabelähnlich, jedoch schon erkennbaren Strukturierungen. Die Eisfurchen sind gewöhnlich tiefer als die Höhe der Dämme.

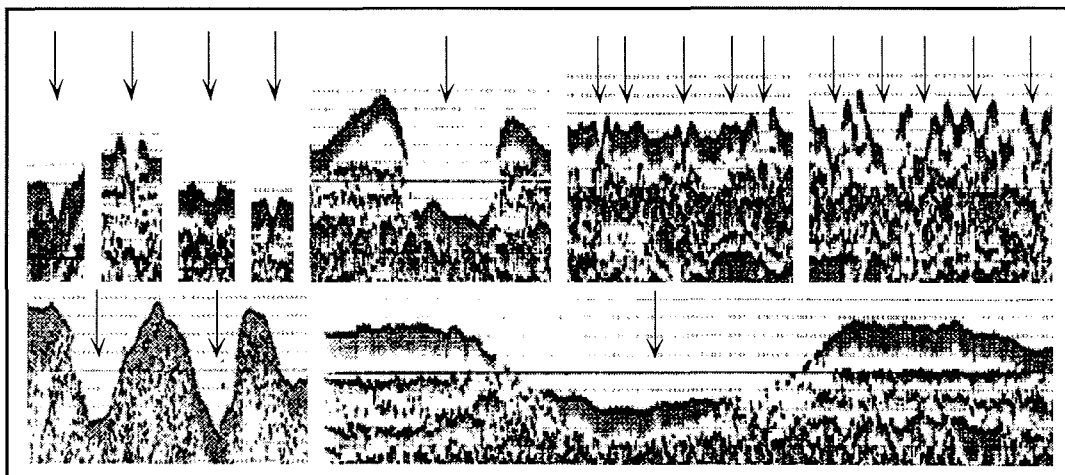


Abb. 11: Detail-Beispiele für den Furchentyp "mittlere Reliefenergie"

"hohe Reliefenergie" (siehe Abb. 12): tiefgründige Eisfurchen, deren Winkel der Einkerbung in der teilweise bis zu 80-fach überhöhten Darstellung annähernd 90° erreichen, oder stark strukturierte Flanken und Dämme besitzen. Durch das Parasoundsystem erhält man häufig Datenlücken im Flankenbereich der Eisfurche, da Winkel steiler als 2° vorzufinden sind.

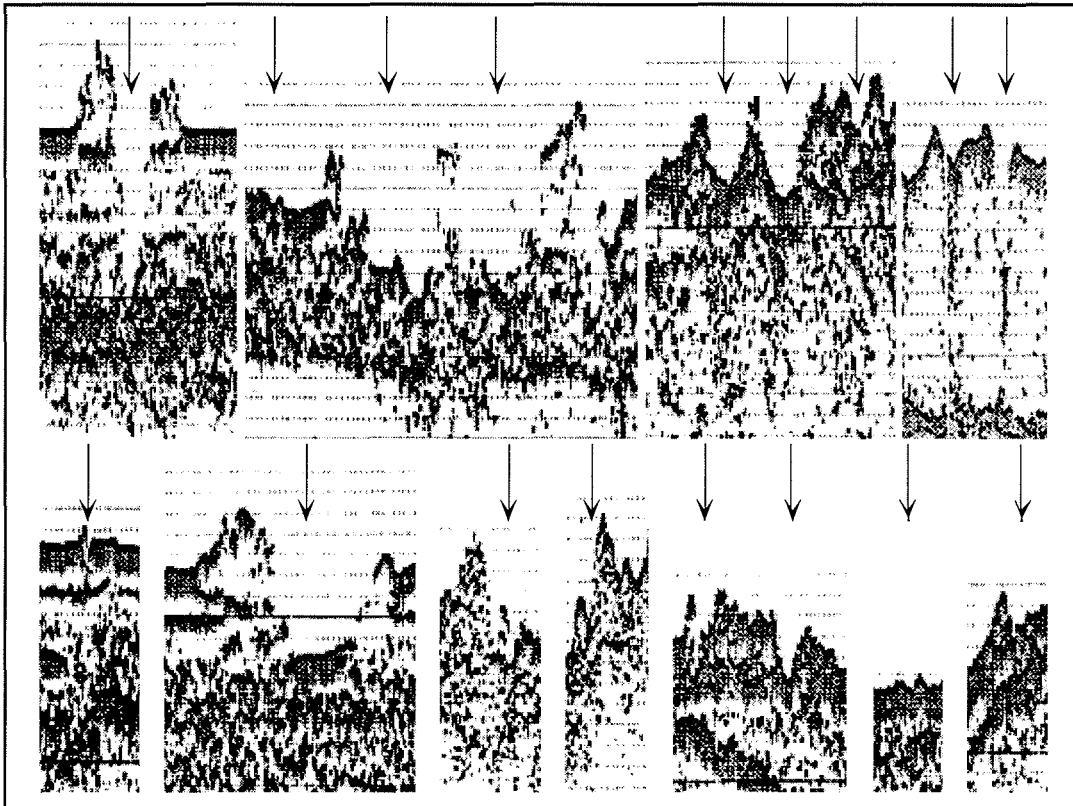


Abb. 12: Detail-Beispiele für den Furchentyp "hohe Reliefenergie"

2.6.3.3 Prozentuale Durchfurchung des Profilabschnittes

Der Grad der Durchfurchung eines Gebietes wurde durch das Verhältnis von durchfurchten Bereichen zu undurchfurchten Bereichen bestimmt. Berechnet wurde der Wert durch die Summe aller Furchenbreiten, dividiert durch die Länge des Untersuchungsabschnittes (5km). Da der Anfangs- und Endpunkt einer Eisfurche oft schwer erkennbar war, wurde immer der Abstand der beiden höchsten Punkte der Dämme einer Eisfurche gemessen (siehe Abb. 9). Jüngere Eisfurchen innerhalb älterer wurden aufsummiert. So waren theoretisch Werte über 100% möglich. In Abb. 13 ist eine erläuternde Skizze zu sehen.

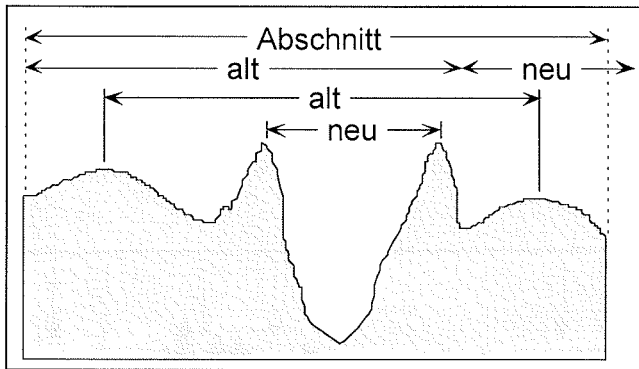


Abb. 13: Sonderfall einer jüngeren Eisfurche innerhalb einer älteren, mit resultierendem prozentualen Durchfurchungsanteil von über 100%

Die maximalen Werte liegen jedoch bei ca. 75%. Der Durchfurchungsanteil von Untersuchungsabschnitten, die optisch 100% zerfurcht aussahen, wird bei der hier angewandten Definition von Furchenbreite unterschätzt, da immer ein Bereich von Dammspitze zu Dammspitze zweier sich nebeneinander befindlicher Eisfurchen nicht mitberechnet wurde.

2.6.3.4 Durchschnittliche Furchenbreite

Um den Wert einer durchschnittlichen Furchenbreite im Untersuchungsabschnitt zu erhalten, wurde die Summe der einzeln ausgemessenen Furchenbreiten mit der Anzahl der vermessenen Eisfurchen dividiert.

2.6.3.5 Überschätzung der Furchenbreite

Da durch das Parasoundsystem Eisfurchen nur zweidimensional in Form von Profilschnitten erfasst werden, kann die reale Breite einer Eisfurche nur in den wenigsten Fällen wiedergegeben werden. Durch die zweidimensionale Erfassung erhält man eine Projektion der Furchenbreite, die bei senkrechter Überquerung mit der realen Furchenbreite identisch und bei paralleler Fahrt zur Eisfurche gleich unendlich ist (siehe Abb. 14).

2.6.3.6 Klassifizierung der Einkerbtiefe

Um eine weitere Aussage über die Störung des Sedimentes machen zu können, wurden die

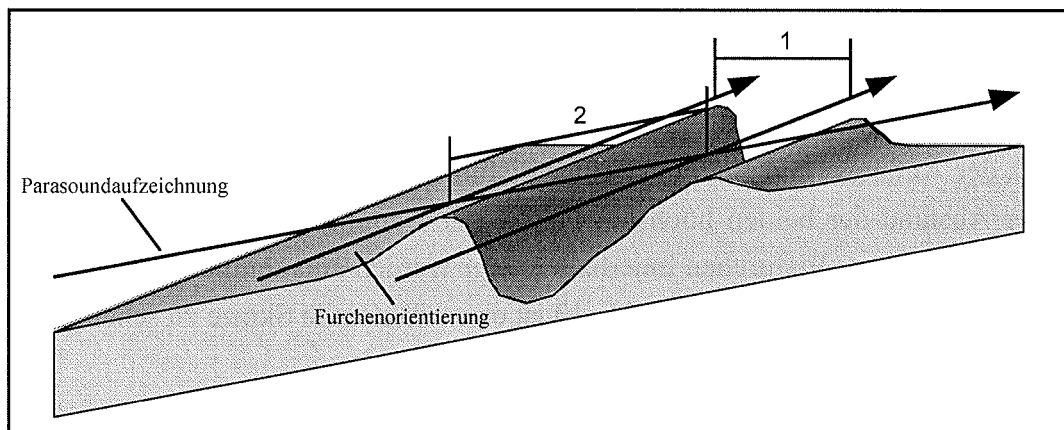


Abb. 14: Veranschaulichung des Unterschiedes zwischen realer Furchenbreite (1) und aufzeichneter Furchenbreite (2) durch das Parasoundsystem

unterschiedlichen Einkerbttiefen vermessen. Zur besseren Überschaubarkeit wurden sie in drei Klassen unterteilt ($\leq 2\text{m}$, $2\text{-}5\text{m}$ und $>5\text{m}$). Um eine Aussage machen zu können, wo die tiefsten oder auch flachgründigsten Eisfurchen in der Laptevsee zu finden sind, wurde die größte Einkerbttiefe im Untersuchungsabschnitt vermessen und notiert.

2.6.3.7 Sediment-Umlagerungsindex

Um eine Aussage über die Umlagerung des Sedimentes machen zu können, wurde der Sediment-Umlagerungsindex erstellt. Der Sediment-Umlagerungsindex (U) wurde aus den Anzahlen (A_I , A_{II} , A_{III}) der Eisfurchen in den Einkerbttiefenklassen: $0\text{-}2\text{m}$, $>2\text{-}5\text{m}$, $>5\text{m}$ (E_I , E_{II} , E_{III}), der maximalen Einkerbttiefe (E_{max}) und der durchschnittlichen Furchenbreite (F) des jeweiligen 5km langen Untersuchungsabschnittes berechnet. Je nachdem, in welche Einkerbttiefenklasse E_{max} fiel, wurde der Index wie folgt berechnet:

Bei $E_{max} \leq 2\text{m}$:

$$E_I = \frac{(0+E_{max})}{2} \quad U = \frac{\left(\frac{(0+E_{max})}{2} \cdot A_I\right) \cdot F}{5}$$

Bei $E_{max} > 2\text{-}5\text{m}$:

$$E_I = \frac{(0+2)}{2} \quad E_{II} = \frac{(2+E_{max})}{2} \quad U = \frac{\left(\frac{(0+2)}{2} \cdot A_I + \frac{(2+E_{max})}{2} \cdot A_{II}\right) \cdot F}{5}$$

Bei $E_{max} > 5\text{m}$:

$$E_I = \frac{(0+2)}{2} \quad E_{II} = \frac{(2+5)}{2} \quad E_{III} = \frac{(5+E_{max})}{2} \quad U = \frac{\left(\frac{(0+2)}{2} \cdot A_I + \frac{(2+5)}{2} \cdot A_{II} + \frac{(5+E_{max})}{2} \cdot A_{III}\right) \cdot F}{5}$$

Nachfolgend werden zwei Beispiele zur Erläuterung aufgeführt.

Tab. 3: Beispielwerte für die Berechnung des Sedimentumlagerungsindexes

	Einkerbttiefe $\leq 2\text{m}$ (E_I)	Einkerbttiefe $>2\text{-}5\text{m}$ (E_{II})	Einkerbttiefe $>5\text{m}$ (E_{III})	maximale Ein- kerbtiefe (m) (E_{max})	durchschnittliche Fur- chenbreite (m) (F)
A	11 (A_I)	2 (A_{II})	1 (A_{III})	6	63,6
B	17 (A_I)	2 (A_{II})		2,5	65,8

Im Untersuchungsabschnitt A errechnet sich der Sediment-Umlagerungsindex wie folgt:

$$U = \frac{\left(\frac{0+2}{2} \cdot 11 + \frac{2+5}{2} \cdot 2 + \frac{5+6}{2} \cdot 1\right) \cdot 63,6}{5} = 298,92\text{m}^2$$

Im Untersuchungsabschnitt B errechnet sich der Sediment-Umlagerungsindex wie folgt:

$$U = \frac{\left(\frac{0+2}{2} \cdot 17 + \frac{2+2,5}{2} \cdot 2\right) \cdot 65,8}{5} = 282,94 \text{m}^2$$

2.7 Graphische Auswertung

2.7.1 Erstellung der digitalen Karte

Die erstellten Daten sind, in Abhängigkeit von ihrer geographischen Position, mit dem Programm "Pan Map" in Verteilungskarten dargestellt worden. Da in der Laptevsee nur unzureichende GEBCO (General Bathymetric Chart of the Oceans) Daten bezüglich der Bathymetrie als Datengrundlage vorlagen, wurde eine Karte aus dem AWI/GEOMAR (Forschungszentrum für marine Geowissenschaften der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel) Verbundvorhaben "Laptevsee" zur Ergänzung gescannt und hinzugefügt. Es wurde in "Pan Map" das gleiche Projektionsverfahren der Ergänzungskarte gewählt (Mercator) und die erstellten Kartenkonturen zur Weiterverarbeitung in ein Zeichenprogramm exportiert. In dieses Zeichenprogramm wurde nun auch die gescannte Karte eingefügt, in der Skalierung angepaßt und die gewünschten Isobathen manuell übertragen. Anhand der auf den Fahrten ARK-IX/4 (1993) und ARK-XI/1 (1995) gewonnenen bathymetrischen Daten konnte die erstellte Karte weiter optimiert werden. Weitere ergänzende Karten zur Bathymetrie lagen nicht vor.

2.7.2 Veranschaulichung der Daten

Die in einer Tabelle zusammengestellten Daten (siehe Anhang) wurden in das Programm "Pan Map" exportiert, so daß jeder Abschnitt der Profile mit den entsprechenden Informationen visualisierbar war. Die Zahlenwerte der erhobenen Daten wurden in eine 11 stufige Farbskala umgewandelt und die Verläufe von Minima zu Maxima in Abhängigkeit zur Morphologie und zu den regionalen Besonderheiten des Arbeitsgebietes dargestellt. Durch die Kombination der Darstellung verschiedener Angaben der Tabelle konnte so das komplexe Zusammenspiel dieser Angaben einfach veranschaulicht werden. Die verschiedenen Parameter wurden dabei auf einer einheitlichen Farbskala übertragen. Die Abstufung der Skala wurde allerdings so angepaßt, daß der Mittelwert der Daten auch im mittleren Bereich der Farbskala lag. Als Schwierigkeit stellte sich die Menge der Da-

tenpunkte sowie deren weitläufige Verteilung heraus. Durch die vorgegebene "Mercator"-Kartenprojektion erscheinen Strecken in nördlichen Bereichen gestreckt und in südlichen Bereichen gestaucht. In südlichen Bereichen sind zum Beispiel die Längengrade ca. 30km, im nördlichen Bereichen ca. 15km voneinander entfernt. Um eine möglichst zusammenhängende Ansicht bei einer möglichst großen Darstellung der einzelnen Profilabschnitte zu ermöglichen, hat sich die Darstellung der Daten als Kreise und Kreisflächen als am günstigsten erwiesen.

3 Ergebnisse

3.1 Identifizierung von Eisfurchen

Das wesentliche Merkmal einer Eisfurche ist das Auftreten einer erosiven Einkerbung im Zusammenhang mit dem Auftreten von benachbarten Dämmen. So lassen sich die Eisfurchen auch gut von den in Kapitel 1.9 beschriebenen und Abb. 6 dargestellten "Pockmarks" abgrenzen. Es gibt verschiedene charakteristische Oberflächen- und Untergrundstrukturen, die auf eine post-sedimentäre Durchfurchung des Meeresbodens durch Eis hindeuten.

Bei einem über weite Distanzen hinweg ebenen Schelf mit einer zu den Untergrundstrukturen konkordant verlaufenden Sedimentoberfläche sind vereinzelte Reliefänderungen an der Sedimentoberfläche unabhängig von den Untergrundstrukturen leicht als Eisfurchen zu erkennen (Abb. 15).

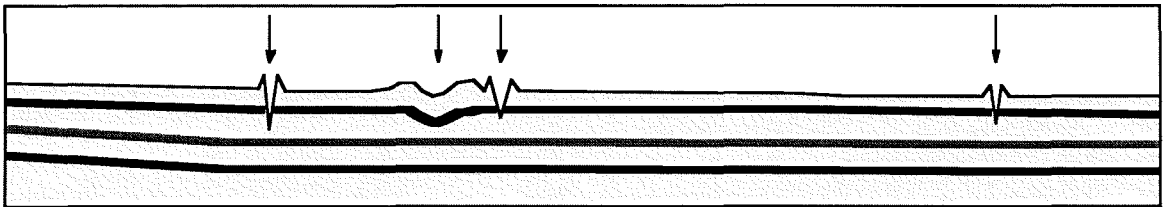


Abb. 15: Durch Eisfurchen überprägte ehemals konkordant zu den Untergrundstrukturen verlaufende Sedimentoberfläche

Sind vorwiegend konkordante Reflektoren im Untergrund vorhanden die vom Meeresboden diskordant abgeschnitten werden, so erkennt man Eisfurchen, wenn die Flanken der Eisfurchen vom Winkel der Untergrundstrukturen abweichen (Abb. 16).

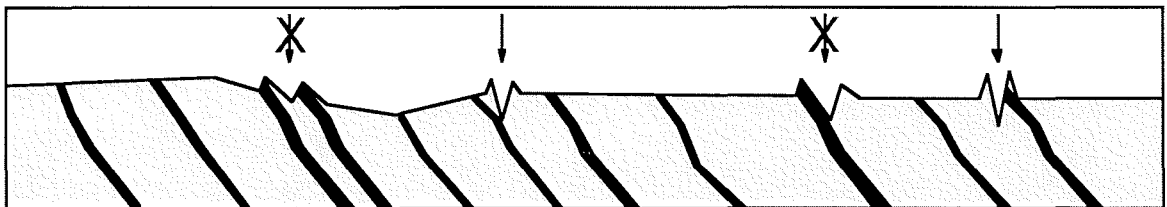


Abb. 16: Durch Eisfurchen überprägte diskordant zu den Untergrundstrukturen verlaufende Sedimentoberfläche

Bei Faltenstrukturen, die im Untergrund zu erkennen sind und sich auf das Relief der Sedimentoberfläche auswirken, sind durchtrennte Reflexionshorizonte ein Indiz für Eisfurchen (Abb. 17).

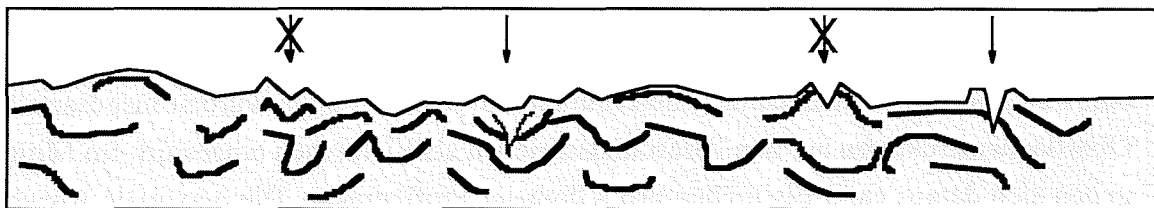


Abb. 17: Eisfurchen über Untergrund mit Faltenstrukturen

Es entstehen Eisfurchen, wenn Eisberge von größerer Wassertiefe in Richtung geringerer Wassertiefe driften und dabei auflaufen. Ein in größerer Wassertiefe liegender ebener Meeresboden, der durch eine stark zerschnittene, in geringerer Wassertiefe befindliche Sedimentoberfläche abgelöst wird, ist daher ein Anzeichen dafür, daß die obere Strukturierung durch Eistätigkeit entstand. Sind diese Strukturierungen vermehrt auf einer Flankenseite der Untiefe zu finden, ist dies ein weiteres Anzeichen dafür, daß die zerschnittene Meeresbodenoberfläche durch Eisbergdrift verursacht wurde, wobei die gegen die Strömung gerichtete Flanke stärker zerfurcht ist (Abb. 18).

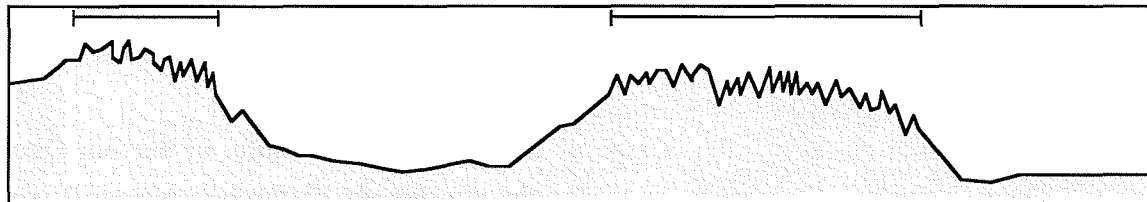


Abb. 18: Eisfurchen auf höher gelegenen Bereichen des Meeresgrundes

Bei einer zeitlich großskaligen Auflösung werden Eisfurchen häufig lateral nicht mehr vollständig erfaßt, so daß man Eisfurchen nur anhand ihrer Dämme erkennen kann. Sie erscheinen häufig nur noch als senkrecht stehende Pfeiler (Abb. 19).

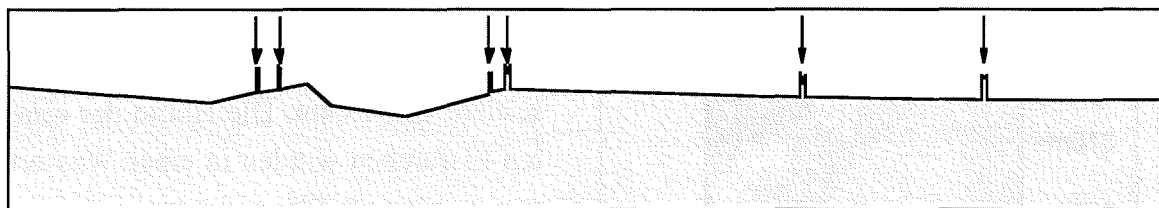


Abb. 19: Eisfurchen bei geringer lateraler Auflösung des Profils

3.2 Charakteristische Werte aus dem Gesamtdatensatz

Der aus den Parasound-Messungen der Fahrten ARK-IX/4 (1993) und ARK-XI/1 (1995) erstellte Datensatz enthält auf einer Strecke von fast 3000km zahlreiche Anzeichen für eine Überprägung durch Eisberge.

Auf 586 einzelnen Untersuchungsabschnitten von je 5km Länge wurden insgesamt 8262 Oberflächenstrukturen auf den Parasoundschrieben als Eisfurchen eingestuft. Im Mittel ergeben sich daraus ca. 3 Eisfurchen pro Kilometer Profilstrecke. Die maximale Anzahl an Eisfurchen in einem Untersuchungsabschnitt beträgt 98, was ca. 20 Eisfurchen auf 1km entspricht. Die breiteste registrierte Eisfurche im Untersuchungsgebiet besitzt eine aufgezeichnete Breite von ca. 736m und ist wahrscheinlich auf einen ungünstigen Kreuzungswinkel der FS "Polarstern" zur Eisfurchenorientierung zurückzuführen (siehe Abb. 14). Die geringste Furchenbreite beträgt weniger als 10m. Die durchschnittliche Breite der Eisfurchen, bezogen auf den gesamten Datensatz, beträgt 73,6m mit einer Standardabweichung von 72,7. Bei Nichtbeachtung von 5% der Extremwerte erhält man ein mit 10% gestütztes Mittel von 64,7m.

Das Verhältnis von durchfurchtem Meeresboden zu undurchfurchtem Meeresboden der jeweiligen Untersuchungsabschnitte beträgt maximal 70% der Strecke. Im Durchschnitt sind es allerdings unter 15%. Beachtet man 5% der jeweiligen extremen Datensatzwerte nicht, so beträgt der Mittelwert immer noch fast 14%.

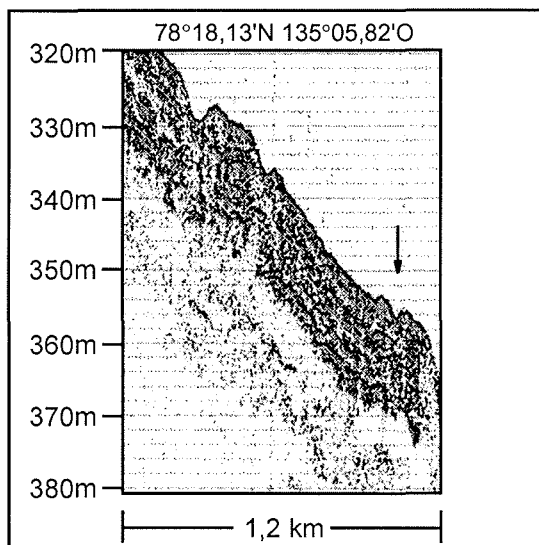


Abb. 20: Größte Wassertiefe mit Eisfurche

Die größte Wassertiefe, in der ein Oberflächenmuster als Eisfurche eingestuft wurde, beträgt 354,5m und befindet sich am Schelfrand der nordöstlichen Laptevsee.

Die durchschnittliche Wassertiefe der Eisfurchen beträgt 81,8m mit einer Standardabweichung von 61,3. Lässt man 5% der jeweiligen Extremwerte der Wassertiefen wegfallen, so ergibt sich eine mittlere Wassertiefe von 73,4m. Die Hälfte der ermittelten Eisfurchen wurden in einer Wassertiefe von weniger als 58m gefunden.

Die geringste Wassertiefe im Arbeitsgebiet in der ein Oberflächenmuster als Eisfurche eingestuft wurde, beträgt 23m und ist in der südwestlichen Laptevsee gefunden worden.

Mit einer Gesamtanzahl von 7424 sind fast 90% der ausgezählten Eismuster nicht tiefgründiger als 2m. Weniger als 1% der Eisfurchen sind tiefgründiger als 5m. Die am tiefsten eingeschnittene Eisfurche hat eine Einkerbtiefe von 9m. Die geringste noch als Eisfurche interpretierte Einkerbung im Sediment ist 20cm tief.

3.3 Eisfurchenerkennung und Untergrundstrukturen

Es zeigt sich, daß bestimmte Furchen und Untergrundmerkmale für bestimmte Regionen charakteristisch sind. Anhand ausgewählter Parasoundbeispiele sind nachfolgend einige typische Begebenheiten aus verschiedenen Regionen der Laptevsee dargestellt.

3.3.1 Nordwestliche Laptevsee

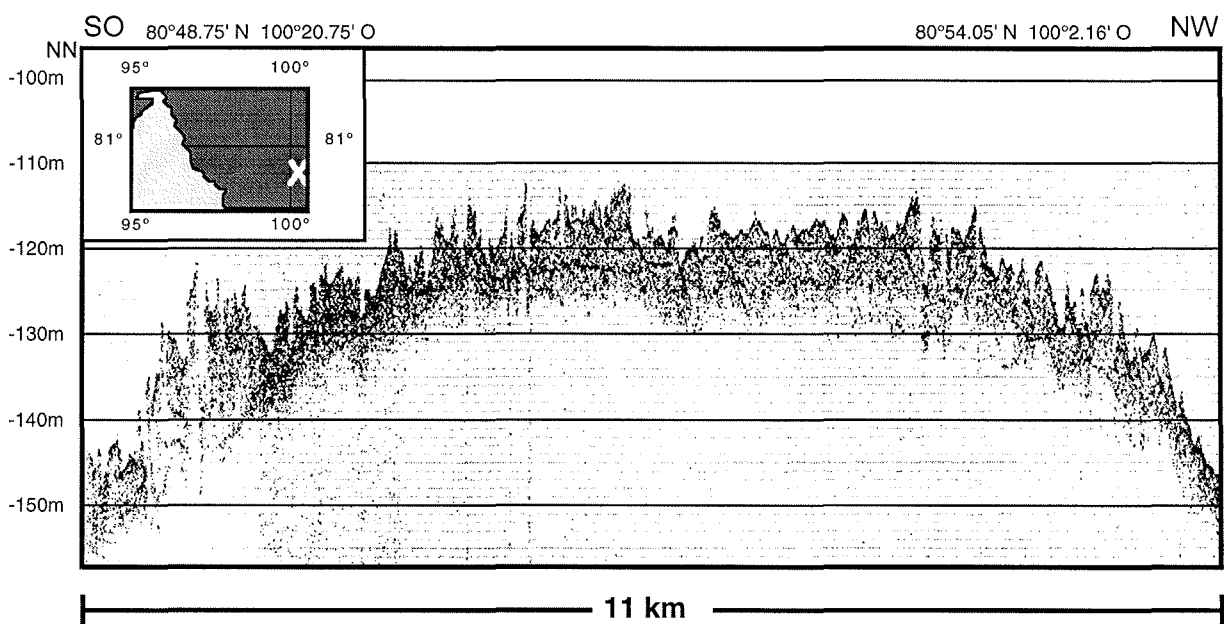


Abb. 21: Parasoundauszug der Expedition ARK-XI/1 (1995) mit 80-fach überhöhter Darstellung des morphologisch stark gegliederten Schelfrandes östlich der Insel Komsomolets

Der Profilausschnitt in Abb. 21 ist ein typisches Beispiel eines Parasoundprofils einer Untiefe in der nordwestlichen Laptevsee-Region. Man erkennt hier deutlich eine etwa 10m mächtige stark reflektierende Deckschicht, die an der Oberfläche stark zerfurcht ist und nicht weiter aufgelöst werden kann. In den Untiefen der Region sind keine ebenen Bereiche des Meeresbodens zu finden. Das ursprüngliche Niveau des Meeresbodens ist durch eine sehr enge Aneinanderreihung von Furchen unterschiedlicher Einkerbtiefe nicht mehr eindeutig festzustellen. Durch die äußerst starke Durchfurchung des Meeresbodens sind die Furchen teilweise nicht mehr voneinander abgrenzbar und scheinen im abgebildeten Pa-

rasoundprofil vom Typ: "hohe Reliefenergie" zu sein (siehe Kapitel 2.6.3.2 Abb. 12). Die Eisfurchensituation des hier abgebildeten Parasoundprofils entspricht am ehesten der in Abb. 18 des Kapitels 3.1 abgebildeten. In größeren Wassertiefen, in denen der Meeresboden nicht so stark durchfurcht ist, erkennt man ein Nebeneinander von Furchen mit unterschiedlicher Reliefenergie. Die Furchen vom Typ "geringe Reliefenergie" scheinen von einer teilweise bis zu 1m mächtigen homogenen Sedimentschicht überzogen. Dieser Furchentyp mit überzogener Sedimentschicht überwiegt mit zunehmender Wassertiefe.

3.3.2 Westliche Laptevsee

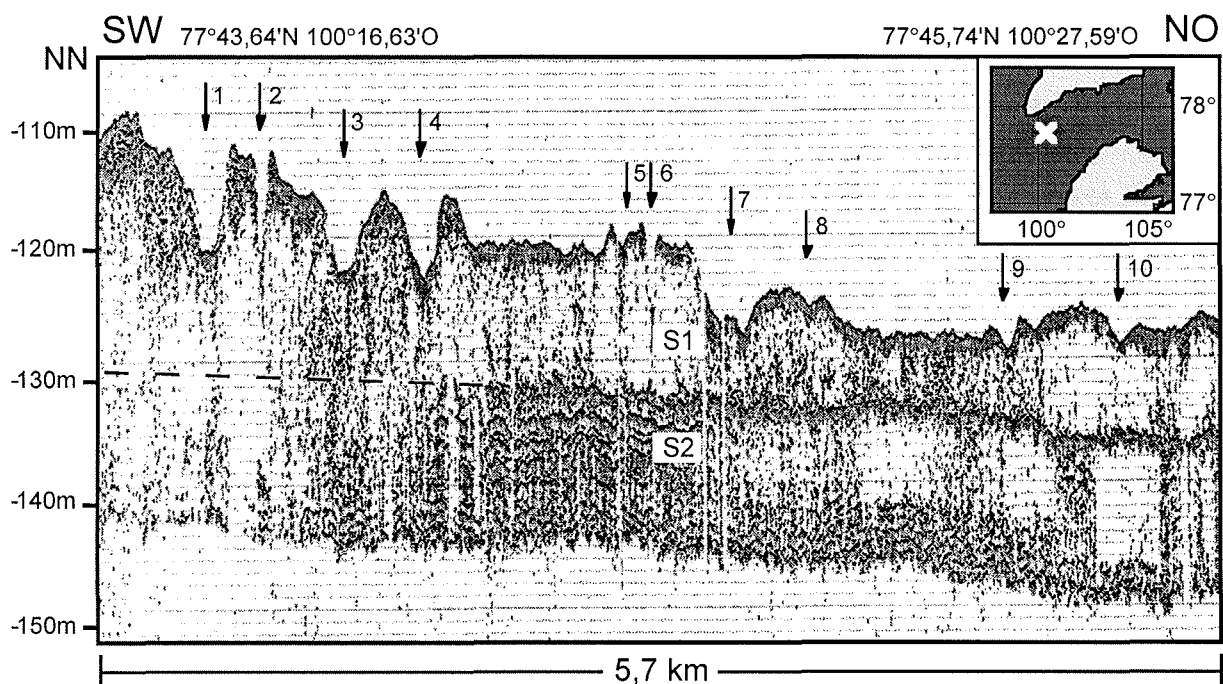


Abb. 22: Parasoundprofil der Expedition ARK-XI/1 (1995) im Bereich der Vilkitsky-Straße mit markierten Eisfurchen. S1/S2: Seismische Einheiten

Der Parasoundausschnitt in Abb. 22 entstand im westlichen Bereich der Vilkitsky-Straße. Aus dem vorliegenden Parasoundausschnitt wurden 10 Eisfurchen in den zu bearbeitenden Datensatz aufgenommen. Die Parasoundeindringung in den Untergrund beträgt hier zwischen 19 und 33m. Es sind zwei größere seismische Einheiten auszumachen. Beide enthalten transparente Bereiche, die einen Einblick in interne Strukturen verhindern. Die obere seismische Einheit (S1) ist größtenteils transparent. Im unteren Teil des Parasoundprofils ist die seismische Einheit (S2) mit einer Vielzahl an parallelen Reflektoren zu erkennen. Im Gegensatz zu Abb. 21 sind die Furchen auf diesem Parasoundschrieb klar voneinander zu trennen und auch undurchfurchte Bereiche des Meeresbodens zu sehen. Die in Abb. 22 beobachteten Eisfurchen besitzen eine andere Morphologie als die Eisfurchen, welche die Sedimentoberfläche in Abb. 21 stark zerfurchen. Hier haben die Eisfurchen

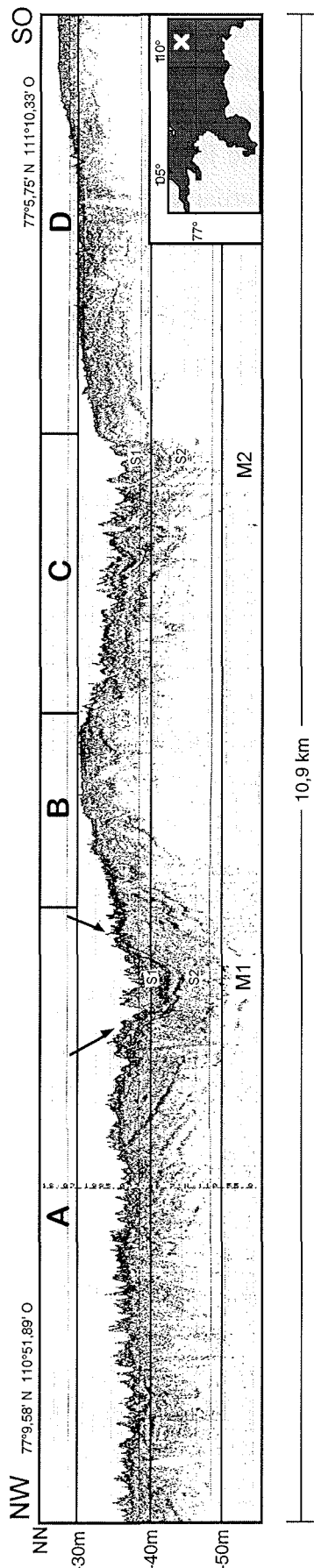


Abb. 23: Parasoundauszug der Expedition ARK - XI/1 (1995) mit 50-fach überhöhter Darstellung, nordöstlich der Halbinsel Taymyr. A, B, C und D markieren Bereiche mit unterschiedlich starker Überprägung des Meeresbodens. Pfeile markieren Grenzschicht zwischen den seismischen Einheiten S1 und S2. M1/M2: Geomorphologische Mulden

nicht so hohe und steile Dämme und sind auch nicht besonders strukturiert. Diese Furchen wurden überwiegend dem Furchentyp "mittlere Reliefenergie" zugeteilt. Furche Nr. 2 wurde noch als Furchentyp "hohe Reliefenergie" und Furche Nr. 8 wurde als Typ "geringe Reliefenergie" in den Datensatz aufgenommen.

3.3.3 Südwestliche Laptevsee

In Abb. 23 ist ein ca. 11km langes Parasoundprofil nordöstlich der Taymyr Halbinsel in Wassertiefen zwischen 37m und 26m dargestellt.

In dem Profil erkennt man Bereiche mit unterschiedlich starken Überprägungen des Meeresbodens. In den tiefer gelegenen Abschnitten A und C fällt eine intensive Überprägung durch Eisfurchen auf, wogegen in den höher gelegenen Abschnitten B und D ein eher planer Meeresboden zu erkennen ist. Sind bei A und C Eisfurchen mit einer Einkerbttiefe zwischen 2-3m zu finden, so besitzen die Eisfurchen bei B und D Einkerbttiefen von unter 1m. Die Parasoundsignale dringen auch unterschiedlich tief in das Sediment ein. In tieferen Bereichen werden bis ca. 14m, in flacheren 3-4m Eindringtiefe erreicht. Dies läßt auf einen härteren Untergrund in den Bereichen mit geringerer Wassertiefe schließen.

In dem Parasoundprofil kann man zwei geomorphologische Mulden erkennen, welche auch durch den Verlauf einiger Reflexionshorizonte im Untergrund gekennzeichnet sind.

Die nordwestliche Muldenstruktur (M1) stellt die tiefste Stelle im Profil dar und weist die Eisfurchen mit der größten Einkerbttiefe auf. Anhand unterschiedlicher Schalltransparenz lassen sich dort deutlich zwei unterschiedliche seismische Einheiten

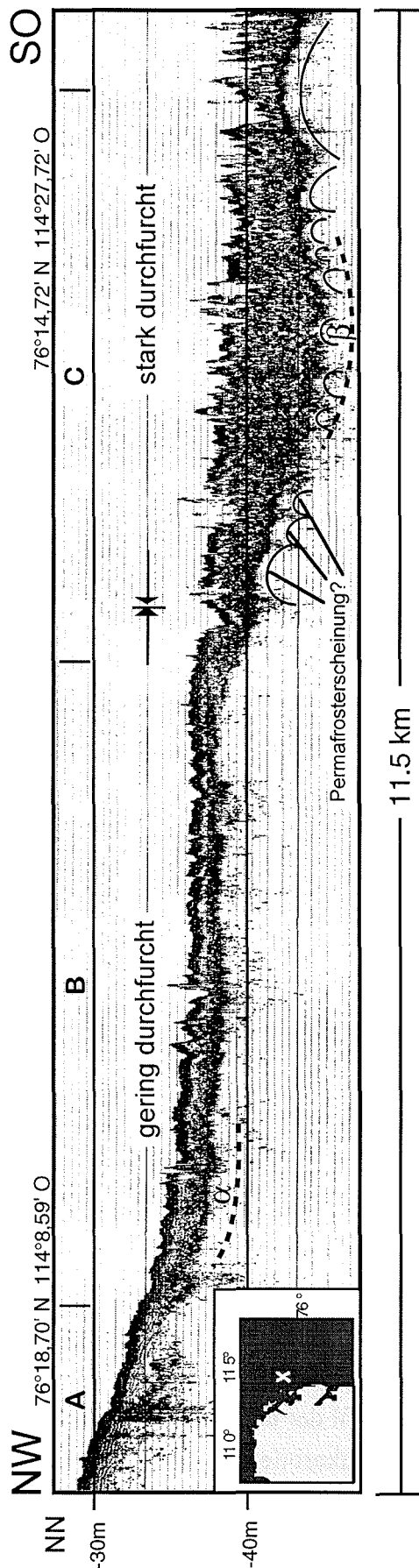


Abb. 24: Küstennaher Parasoundauszug der Expedition ARK - XI/1 (1995) östlich der Halbinsel Taymyr

(S1/S2) ausmachen, welche durch einen starken Reflektor voneinander getrennt sind. In S2 sind konkordante Reflektoren zu erkennen, die sich in nordwestliche Richtung teilweise bis zur diskordanten erosiven submarinen Oberflächennähe verfolgen lassen. S1 keilt zu den Rändern der geomorphologischen Muldenflanken hin aus, mit einhergehender Verringerung der Einkerbtiefen in das Sediment. Vergleicht man Abb. 23 mit den Parasoundausschnitten aus der westlichen und nordwestlichen Laptevsee, so ähnelt die Furchencharakteristik der südwestlichen Laptevsee eher der Charakteristik der nordwestlichen Laptevsee. Allerdings können hier die Furchen deutlicher voneinander abgegrenzt werden. Weitere Unterscheidungsmerkmale zur nordwestlichen Laptevsee sind erkennbare Untergrundstrukturen und die Häufung von Eisfurchen in tieferen Lagen, statt bei Untiefen.

Abb. 24 zeigt ein östlich der Taymyr Halbinsel befindliches 11,5km langes, küstennah in südöstliche Richtung verlaufendes Parasoundprofil, mit Wassertiefen von ca. 29-40m. Die am SO-Rand von Abb. 23 erkennbare geringe Parasoundeindringung in Verbindung mit einer geringen Einkerbtiefe der gefundenen Eisfurchen (Abschnitt D) läßt sich mit Hilfe eines durchgehenden Parasoundprofils bis zum NW-Rand von Abb. 24 verfolgen (Abschnitt A). Hier bildet der Reflektor des Ersteinsatzes gleichzeitig den Abschluß des Profils. Entlang der darauffolgenden 5km (siehe Abschnitt B) ist eine geringmächtige Deckschicht über dem abschließenden Reflektor zu erkennen. Diese Deckschicht

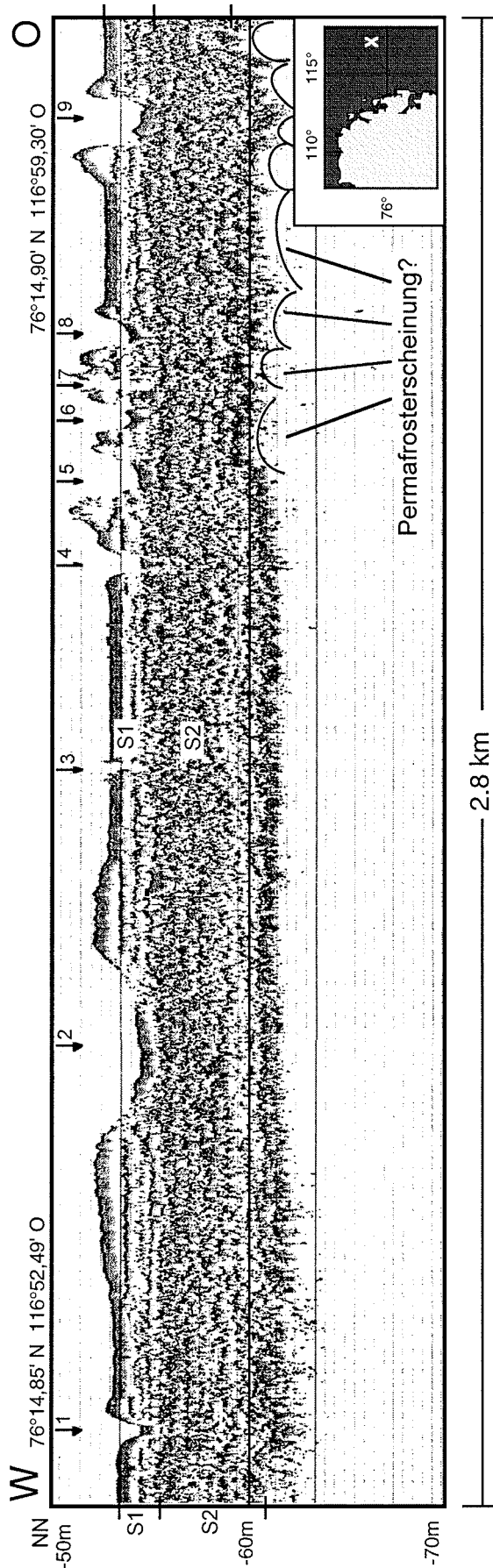


Abb. 25: Küstenferner Parasoundauszug der Expedition ARK - XI/1 (1995) östlich der Halbinsel Taymyr. Pfeile markieren Eisfurchen, S1/S2: Seismische Einheiten

scheint vorerst am Fuße des Profilhanges (siehe α) mit ca. 2,7m am mächtigsten zu sein und keilt zum Hang hin aus. Beim tiefsten Punkt des U-förmig abtauchenden abschließenden Reflektors (siehe Abschnitt C) besitzt die Deckschicht mit ca. 5,3m ihre größte Mächtigkeit (β). Grundsätzlich ähnelt die hier abgebildete Region, der in Abb. 23 dargestellten Region mit einer intensiven tiefgründigen Durchfurchung in tiefer liegenden Bereichen und einer geringen Durchfurchung in höheren Bereichen. Im Unterschied zu Abb. 23 setzt hier der Wechsel von einem Durchfurchungstyp zum anderen nicht so deutlich mit einem morphologischen Wechsel ein.

In dem zur Halbinsel Taymyr küstenfern verlaufenden 2,8km langen Parasound-Analogschrieb-Auszug in Abb. 25 ist ein ebener Meeresboden zu erkennen, der von neun markanten Eisfurchen unterschiedlicher Art überprägt ist. Furche Nr. 2 unterscheidet sich durch ihre große horizontale Ausdehnung stark von den übrigen Eisfurchen im Profil. Bei der dritten, fünften und siebten Furche fällt eine stärkere Strukturierung der Dämme auf als bei den übrigen Eisfurchen. Alle Eisfurchen befinden sich, mit einer Einkerbtiefe zwischen 1,5 und 1,8m, in einer Deckschicht, die eine vorwiegend oberflächen-parallele Schichtung aufweist (S1). Darunter ist eine dunklere seismische Einheit (S2) zu erkennen, die mit einem starken Reflexionshorizont einsetzt.

Nach unten wird diese seismische Einheit ebenfalls mit einem abschließenden starken Reflektor begrenzt.

3.3.4 Südliche Laptevsee

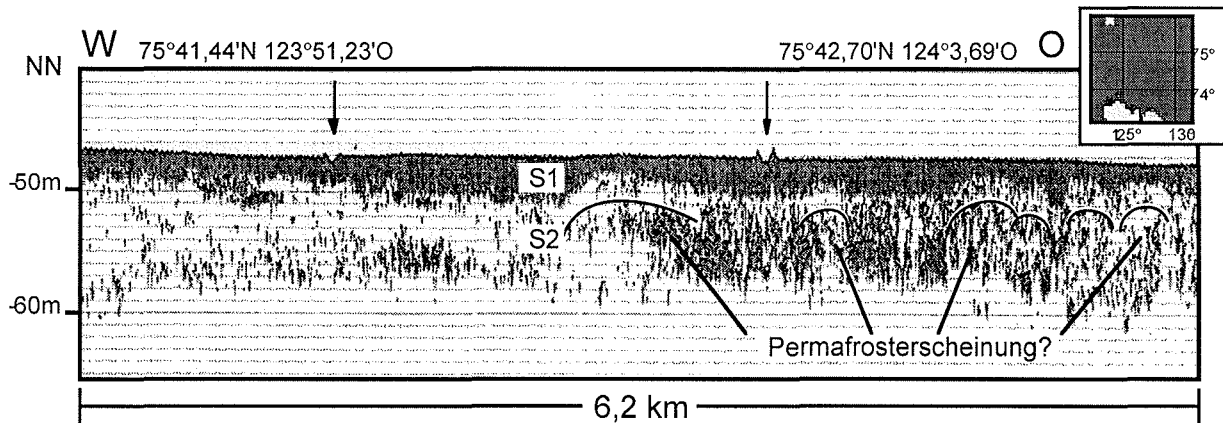


Abb. 26: Parasoundprofil der Expedition ARK-IX/4 (1993) aus der südlichen Laptevseeregion, 120km nördlich des Lenadeltas, Pfeile markieren Eisfurchen, S1/S2: Seismische Einheiten

Die Aufzeichnung in Abb. 26 erfolgte etwa 60km südlich und 175km östlich der Aufzeichnung in Abb. 25. Das Parasoundprofil verläuft ca. 120km nördlich vom westlichen Lenadelta und ist ein typisches Beispiel der südlichen Laptevsee. Der Schelf besitzt hier eine nur sehr schwach ausgeprägte Morphologie. In der Abbildung sind zwei Oberflächenmuster als Eisfurchen auszumachen, die durch den besonders ebenen Meeresboden trotz ihrer geringen Ausmaße deutlich als Einkerbungen mit umgebenen Dämmen in Erscheinung treten. Die Parasoundeindringtiefe beträgt ungefähr 10m. Innerhalb dieser Eindringtiefe sind zwei verschiedene seismische Einheiten zu erkennen, die vertikal nicht weiter aufzulösen sind. Die Deckschicht (S1) ist als dunkler einheitlicher Horizont zu erkennen. Ihre Basis ist uneben und befindet sich zwischen 1,5 und 3,5m unter der Sedimentoberfläche. Die untere seismische Einheit (S2) ist auf der westlichen Hälfte des Parasoundprofils fast durchgehend transparent. Der übrige Teil wird immer wieder von transparenten Bereichen durchzogen, die durch stärkere, zum Teil diffuse Reflexionen überlagert werden. In den transparenten Bereichen ist für S2 eine Mächtigkeit von ca. 11m auszumachen, in den nicht transparenten Bereichen der Deckschicht erkennt man eine Mächtigkeit von ca. 7m.

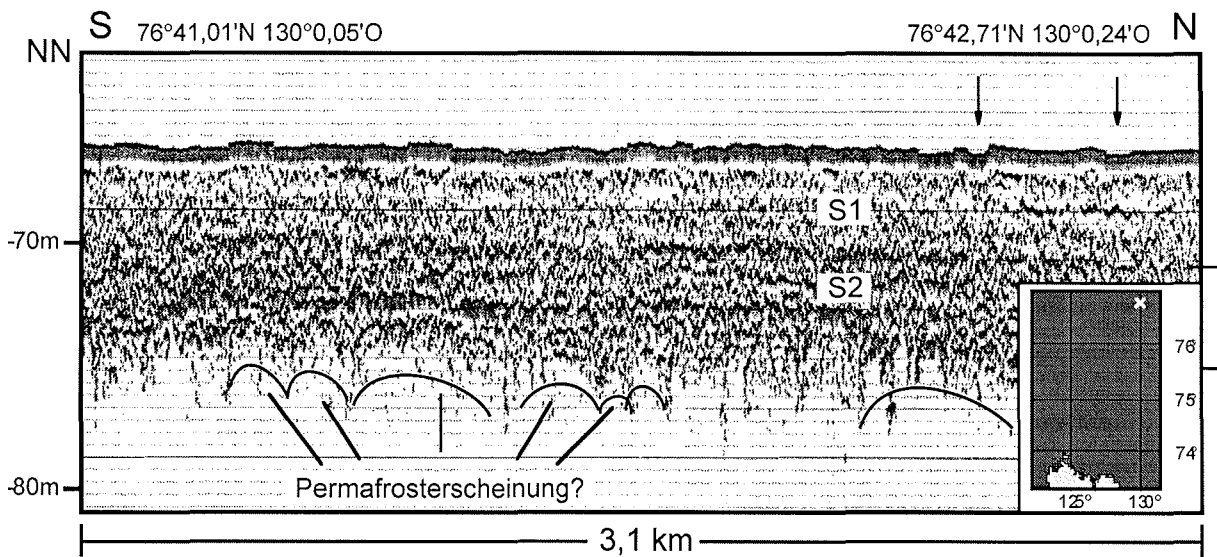


Abb. 27: Parasoundprofil der Expedition ARK-XI/1 (1995) aus der südlichen Laptevseeregion im Bereich der östlichen Lena-Rinne. S1/S2: seismische Einheiten; Pfeile markieren Eisfurchen

Das Parasoundprofil in Abb. 27 entstand 195km nordwestlich vom Parasoundprofil in Abb. 26. Auch hier ist eine nur sehr geringe Morphologie des Schelfs zu beobachten. Zwei Oberflächenmuster am rechten Profilrand wurden als Eisfurchen in den zu bearbeitenden Datensatz aufgenommen. Sie sind allerdings nur sehr schwach ausgeprägt und gerade noch vom übrigen Oberflächenrelief zu unterscheiden, da der Meeresboden in ihrer unmittelbaren Nähe sehr eben ist. Südlich der Furchen weist der Meeresboden leichte Unebenheiten auf, so daß dort keine Unterscheidung vom Oberflächenrelief möglich ist. Die Parasoundeindringtiefe beträgt hier ebenfalls ca. 10m. Es sind wiederum zwei seismische Einheiten auszumachen, die allerdings nicht mehr so klar voneinander abzugrenzen sind. Innerhalb dieser seismischen Einheiten sind interne Strukturen zu erkennen. Die obere seismische Einheit (S1) zeichnet sich durch schwächere Reflexionshorizonte aus und besitzt eine Mächtigkeit von 3,5-4,5m. Die untere seismische Einheit (S2) besitzt stärkere Reflexionshorizonte und eine Mächtigkeit zwischen 4,5 und 5,5m. Die Basis von S2 verläuft uneben und zeichnet sich durch eine Aneinanderreihung von konkaven Formen aus.

Die Region in der die Profile aus Abb. 26 und Abb. 27 aufgezeichnet wurden unterscheidet sich von den zuvor beschriebenen Regionen durch den äußerst ebenen Meeresboden und die sehr seltenen Eisfurchenereignisse. Die Eisfurchen, die man findet, können nur sehr geringe Einkerbtiefen aufweisen. Die Eigenheit der Region wird am ehesten mit der Abb. 15 in Kapitel 3.1 beschrieben.

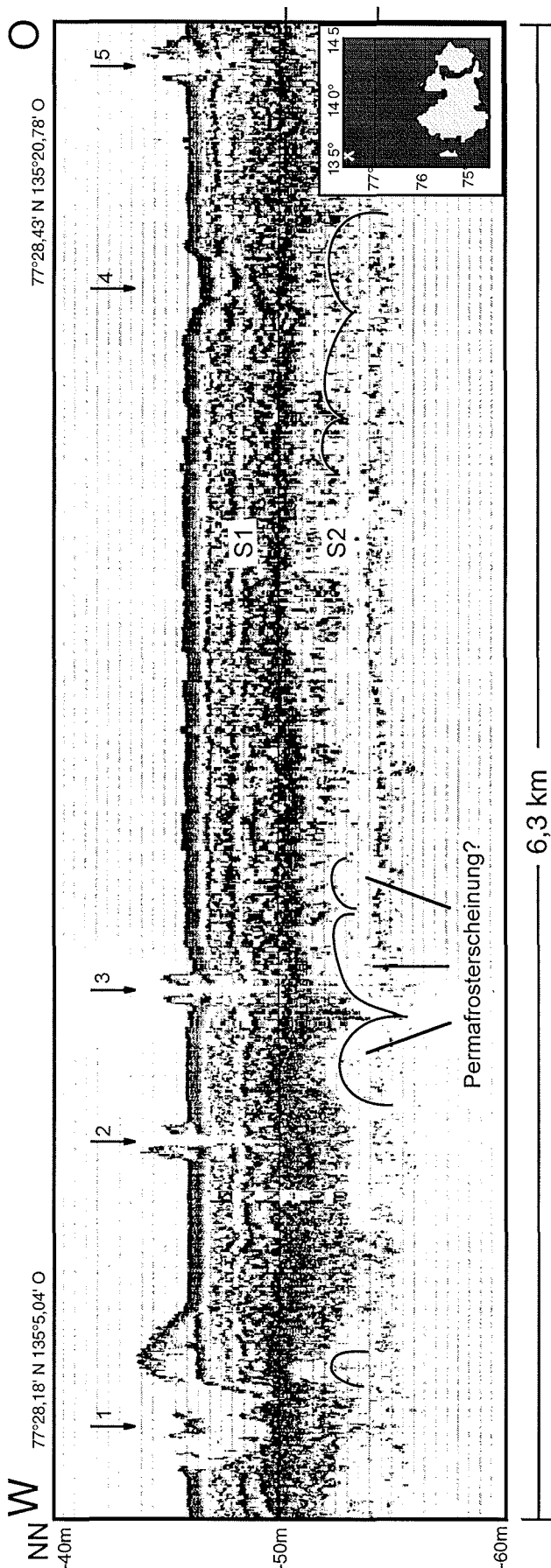


Abb. 28: Parasoundauszug der Expedition ARK - XXI (1995) nordwestlich von Kotelnny. S1/S2: seismische Einheiten; Pfeile markieren Eisfurchen

3.3.5 Südöstliche Laptevsee

Der in Abb. 28 erkennbare 170km nordwestlich der Neusibirischen Insel Kotelnny entstandene 6,3km lange Parasoundprofilabschnitt ist charakteristisch für die südöstliche Region der Laptevsee.

Der ebene Verlauf des Meeresbodens bei einer Wassertiefe von 46m wird nur durch fünf auffällige, vorwiegend tiefgründige (bis 4m) Eisfurchen unterbrochen. Furche Nr. 4, mit einer sehr geringen Tiefgründigkeit und kaum vorhandenen Dämmen, scheint fast eingeebnet zu sein. Diese Furche entspricht dem Typ: "geringe Reliefenergie", die übrigen Furchen entsprechen dem Typ: "hohe Reliefenergie" (siehe Kapitel 2.6.3.2). Es sind zwei seismische Einheiten zu erkennen. In der Deckschicht (S1) erkennt man deutliche oberflächenparallele Reflexionshorizonte. Die untere seismische Einheit (S2) ist vorwiegend transparent. Ein schwacher Reflektor bildet die Basis von S2. Die 4 ausgeprägten Eisfurchen mit klar zu erkennenden strukturierten Dämmen, gelangen nicht tiefer als bis zum unregelmäßig verlaufenden Grenzhorizont zwischen S1 und S2. Die Charakteristik der Region entspricht dem in Abb. 15 in Kapitel 3.1 skizzierten Fall. Im Gegensatz zur südlichen

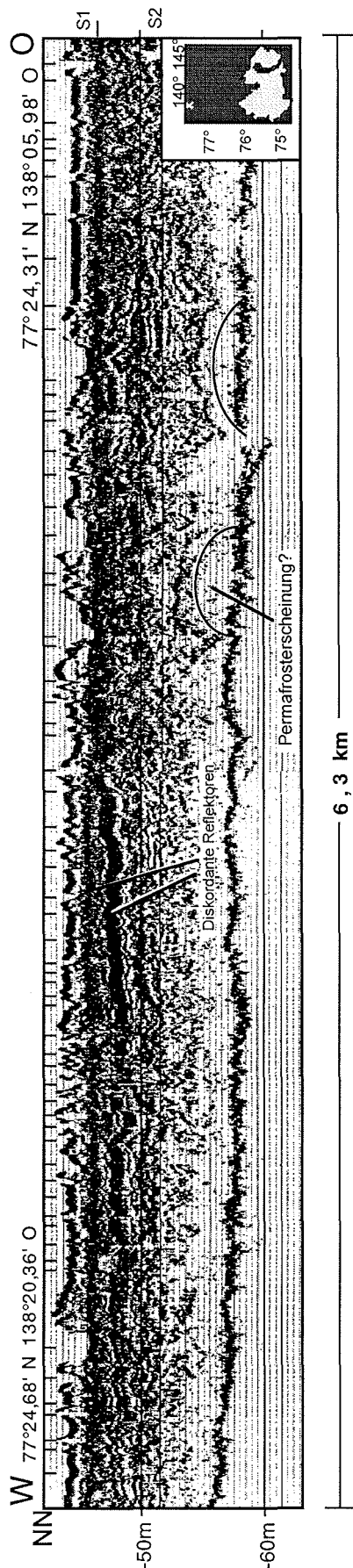


Abb. 29: Parasoundprofil der Expedition ARK - XI/1 (1995) nördlich von Kotelnny. S1/S2: Seismische Einheiten, Striche markieren Eisfurchen

Laptevsee sind hier allerdings tiefgründigere Furchen zu finden.

Auf dem ca. 70km weiter östlich und weiter auf dem Schelf gelegenen, 6,3km langen Parasoundausschnitt (Abb. 29) sind wiederum zwei seismische Einheiten zu erkennen. Die Deckschicht (S1) ist mit 1-1,5m Mächtigkeit wesentlich gering mächtiger als in Abb. 28. Mit 63 ausgezählten Eisfurchen auf 6,3km ist auch eine bedeutend stärkere Zurfurchung der Oberfläche durch Eisfurchen zu vermerken als in Abb. 28. Die tiefsten Eisfurchen schneiden maximal bis etwa zum Grenzhorizont zwischen S1 und S2 ein. Dieser Reflektor konnte durch einen Vergleich mehrerer Parasoundprofile als derselbe Grenzhorizont wie zwischen S1 und S2 von Abb. 28 identifiziert werden. Die untere seismische Einheit (S2) ist ca. 10m mächtig. Innerhalb von S2 sind konkordante Reflektoren zu erkennen, die diskordant zur Grenzschicht zwischen S1 und S2 verlaufen. S2 wird mit Zunahme der Tiefe transparenter und wird durch einen starken Reflektor an der Basis begrenzt. Die Charakteristik der Region entspricht der Region, die in Abb. 28 abgebildet ist, zeigt allerdings eine häufigere Durchfurchung. Die geringmächtigere Deckschicht über einem härteren Untergrund ermöglicht jedoch nicht so tiefgründige Furchen wie in Abb. 28.

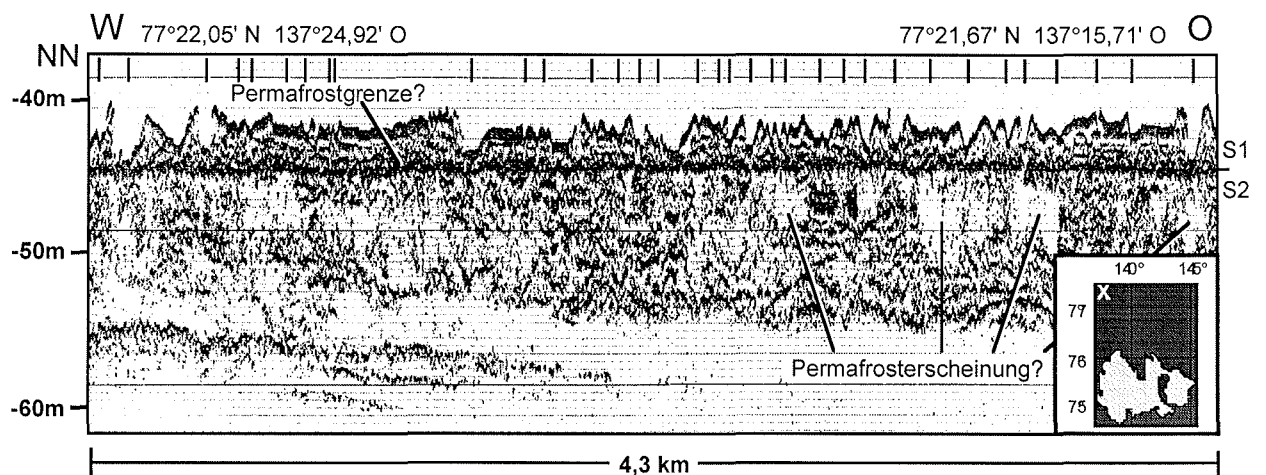


Abb. 30: Parasoundprofil der Expedition ARK-XI/1 (1995) mit markierten Eisfurchen, nördlich von Kotelnny S1/S2: Seismische Einheiten

25km südlich der Lokalität von Abb. 29 ist der 4,3km lange Parasoundauszug aus Abb. 30 entstanden. Gut zu erkennen ist hier, mit 34 ausgezählten Eisfurchen, die starke Zerrfurchung des Meeresbodens und ein bei 43m unter NN einsetzender starker Reflektor. Dieser Reflektor konnte durch ein durchgehendes Parasoundprofil als Grenzschicht zwischen S1 und S2 mit Abb. 29 verknüpft werden. Die Charakteristik der Region entspricht der in Abb. 29 dargestellten Region und befindet sich nur weiter auf dem Schelf. Als Änderung zu Abb. 29 treten hier in der unteren seismischen Einheit (S2) transparente Bereiche auf, welche die Grenzschicht zwischen S1 und S2 deutlicher hervorheben.

Es wurde 1995 während der Expedition ARK-XI/1 nordwestlich von Kotelnny bei 77,5°N 133,5°O ein kurzer Fahrtabschnitt der ARK-IX/4 von 1993 exakt nachgefahren, um Aufschlüsse über den Zuwachs von Eisfurchen und den Zeitraum ihrer Einebnung zu gewinnen (Rachor, 1997). Da 1995 die Teilstrecke in umgekehrter Richtung und mit einer anderen Geschwindigkeit abgefahren wurde, wurde das Parasoundprofil gespiegelt und in der lateralen Skalierung an das Profil von 1993 angepaßt. Wie in Abb. 31 zu erkennen ist, wurden 1995 auf dem 8,5km langen Teilstück exakt dieselben 19 Eisfurchen von 1993 wiedergefunden.

Das Profil (Abb. 31) enthält Spuren von Eisbergen mit verschiedenen Furchenmorphologien: Eisfurchen mit sehr steilen, strukturierten Dämmen und großen Einkerbtiefen ("hohe Reliefenergie"), bis hin zu fast eingeebneten Eisfurchen ("geringe Reliefenergie"), welche nur als schwache Rundungen auf dem Meeresboden zu erkennen sind. Die transparenten vertikalen Streifen im Parasoundprofil von 1995 wurden durch Schallmaskierung der "Transducer" (siehe Kapitel 2.4.1) während Eisfahrt der "FS Polarstern" hervorgerufen.

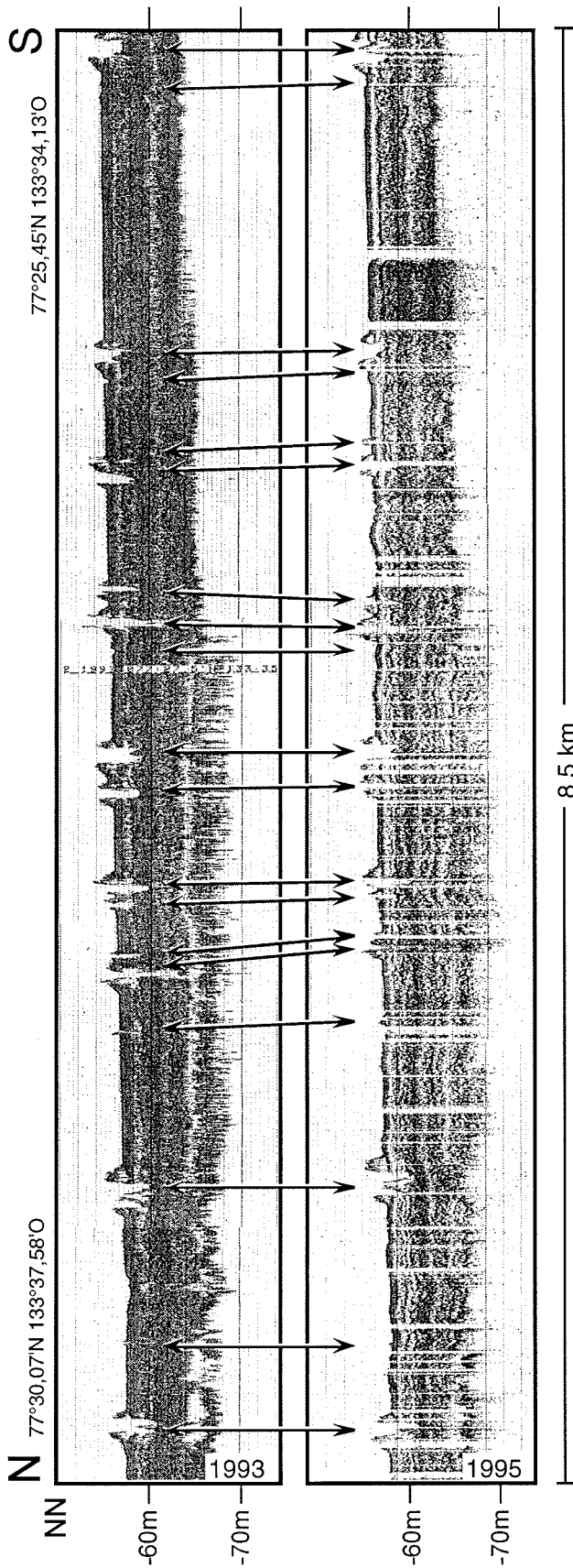


Abb. 31: Streckenübereinstimmung der Expeditionen ARK - IX/4 (1993) und ARK - XI/1 (1995), Pfeile markieren Eisfurchen

Fütterer (1994) spricht von einem Reflexionsband, daß möglicherweise postsedimentär durch auflaufende Eisberge entstanden sein könnte. Dieses Reflexionsband ist auf dem Parasoundschrieb von 1995 deutlich zu erkennen und verläuft unmittelbar unter den darauf enthaltenen tiefsten Eisfurchen.

3.3.6 Östliche Laptevsee

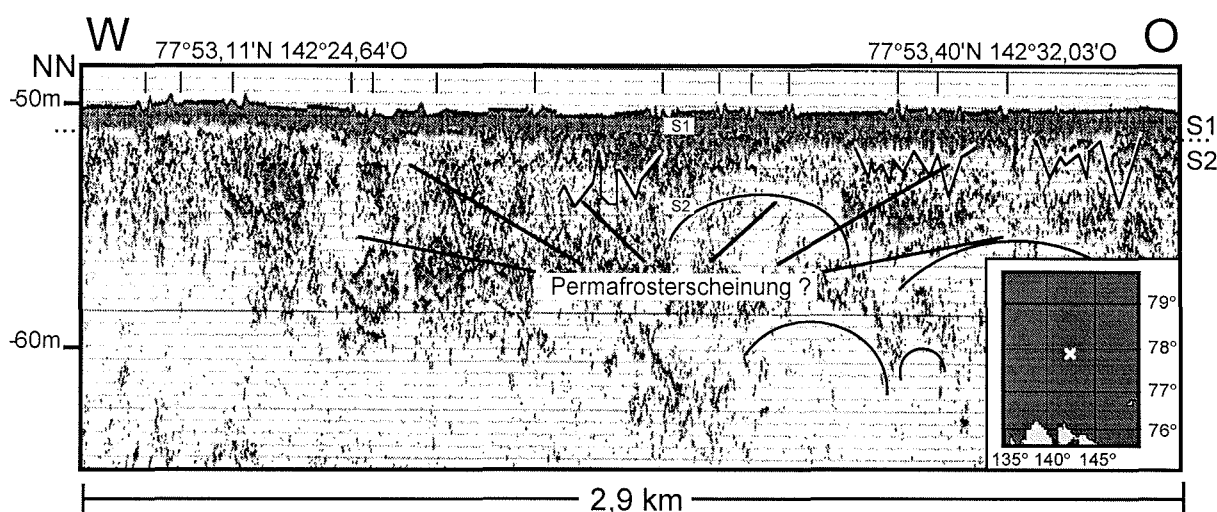


Abb. 32: Parasoundprofil der Expedition ARK-XI/1 (1995) in der O-Region, 190km nördlich von Kotelnyy. S1/S2: Seismische Einheiten, senkrechte Striche markieren Eisfurchen

In Abb. 32 ist ein Parasoundprofil 190km nördlich der Neusibirischen Insel Kotelnyy abgebildet. Auf dem Schelf mit schwach ausgeprägter Morphologie sind, wie in Abb. 26, kleine aber deutlich erkennbare Eisfurchen auszumachen. Es sind wiederum zwei seismische Einheiten zu erkennen. Die Deckschicht (S1) ist ca. 1m mächtig, sehr homogen und wird teils durch einen schwachen Reflektor und teils durch den Einsatz von transparenten Bereichen zur unteren seismischen Einheit abgegrenzt. S2 ist sehr inhomogen und zeichnet sich durch viele transparente Bereiche mit nach oben hin konvexen und nach unten hin keilförmigen oder schlierenartigen Formen aus. Die Charakteristik der Region mit gering einschneidenden, jedoch deutlich erkennbaren Eisfurchen über einem mit transparenten Bereichen durchzogenen Untergrund kann am ehesten der Charakterisierung des Profils in der südlichen Laptevsee (Abb. 26) zugeordnet werden.

3.3.7 Nordöstliche Laptevsee

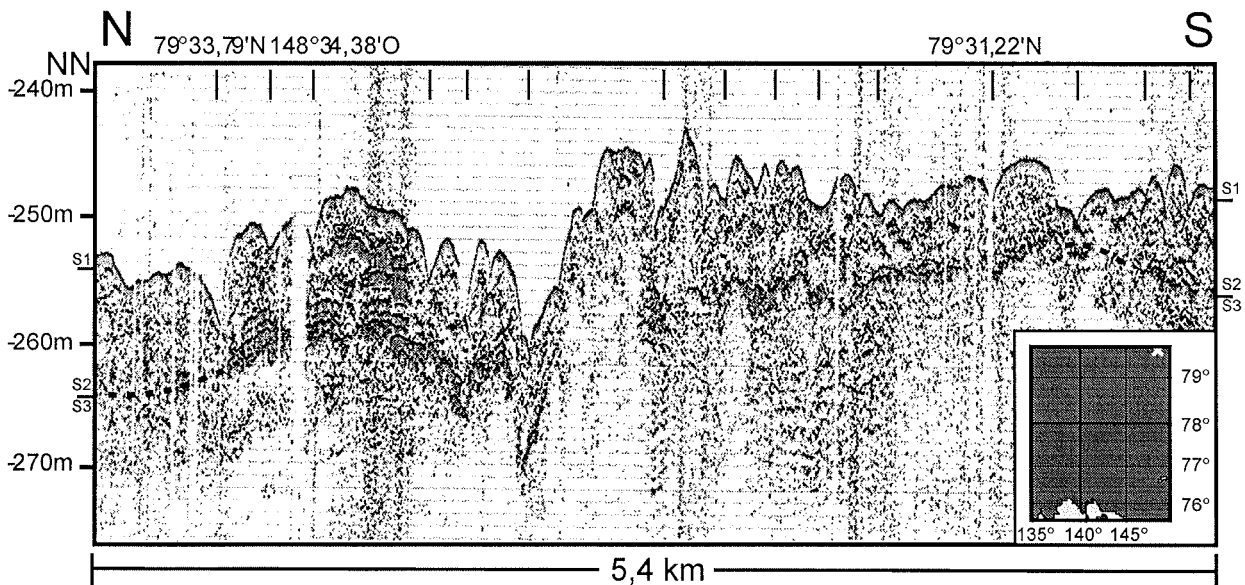


Abb. 33: Parasoundprofil der Expedition ARK-XI/1 (1995) im nordöstlichen Bereich der Laptevsee S1, S2, S3: Seismische Einheiten

In der nordöstlichen Laptevsee-Region, 226km nordöstlich des in Abb. 32 zu sehenden Parasoundprofiles, wurde das Parasoundprofil der Abb. 33 aufgezeichnet. Auffällig ist hier die stark strukturierte Sedimentoberfläche und die ausgeprägte Morphologie des Schelfs. Das Parasoundsignal dringt hier zwischen 10 und 24m in den Untergrund ein. In überwiegenden Bereichen der Abbildung sind Untergrundstrukturen nur undeutlich zu erkennen. Es können jedoch drei seismische Einheiten voneinander abgegrenzt werden. Eine ca. 1m mächtige homogene seismische Einheit bildet die Deckschicht (S1). Die darunter liegende seismische Einheit (S2) weist unterschiedliche Mächtigkeiten auf und läßt in einem Bereich der Abbildung parallele Reflektoren erkennen. Im übrigen Teil der Abbildung sind in dieser Schicht nur punktförmige Reflektoren zu erkennen. Die abschließende seismische Einheit (S3) erscheint überwiegend transparent, es sind jedoch keine Anzeichen für Permafrosterscheinungen zu erkennen. S2 weist Zeugnisse von vielen teils tiefgründigen Eisfurchen auf. Es wurden 15 V- und U-förmige Oberflächenmuster als Eisfurchen in den zu bearbeitenden Datensatz aufgenommen. In S1 sind jedoch keine Furchen zu erkennen. Durch die ausgeprägte Morphologie und vorgefundenen Eisfurchen in einer Wassertiefe bis zu 260m unterscheidet sich das Profil in Abb. 33 deutlich von den übrigen aufgeführten Profilen. Die Furchencharakteristik entspricht noch am ehesten der in Abb. 22. Hier sind die Furchen jedoch noch stärker zugerundet.

3.4 Ausgewählte Karteninhalte

Auf den in Mercatorprojektion erstellten Karten sind der östliche Bereich der Karasee und die Laptevsee nördlich des Sibirischen Tieflandes abgebildet. Für den Schelfbereich der Laptevsee ist die Bathymetrie von 10-60m Wassertiefe in Form von Isobathenlinien dargestellt. Tiefere Bereiche sind in 6 Abstufungen von <100 - ≥ 2500 m farbig markiert.

In Form von farbigen Kreisen und Kreisflächen einer 11-stufige Farbskala von hellgelb bis dunkelblau sind auf den Karten die unterschiedlichen Werte der jeweiligen Karteninhalte entlang der Tracks ARK-IX/4 (1993) und ARK-XI/1 (1995) dargestellt. Ausgewertete Untersuchungsabschnitte mit einem Wert gleich Null sind mit einem schwarzen Punkt markiert.

3.4.1 Absolute Anzahl der Eisfurchen

In Karte I ist die Anzahl der gefundenen Eisfurchen pro 5km langen Untersuchungsabschnitt dargestellt. Eine starke tiefenabhängige Eisfurchenverteilung, mit einem Maximum bei einer Wassertiefe von 41,1m (geringste Wassertiefe dieses Abschnittes bei 38,3m), ist nördlich von Kotelnyy zu sehen. Küstennah, nordwestlich vor Kotelnyy erkennt man eine weitere wassertiefenabhängige Verteilung von Eisfurchen. Sie sind während der Expedition der BGR 1994 aufgezeichnet worden. Auch vor der Taymyr Halbinsel erkennt man einen Zuwachs an Eisfurchen von größeren Wassertiefen (ca. 100m) zu geringeren Wassertiefen (40-30m). Bei noch geringeren Wassertiefen ist jedoch ein Rückgang der Anzahlen zu verzeichnen.

Besonders starke Häufungen, mit einer Anzahl von über 50 Eisfurchen pro Untersuchungsabschnitt, findet man in folgenden Gebieten:

- Am Schelfrand östlich von Severnaya Zemlya, und zwar an der nördlichen Flanke der Schokalsky-Straße ($80^{\circ}\text{N } 102^{\circ}\text{O}$) bei einer mittleren Wassertiefe zwischen 90 und 120m.
- Am nördlich exponierten Kontinentalhang der Insel "Bolshevik" ($79^{\circ}30'\text{N } 104^{\circ}30'\text{O}$), bei einer mittleren Wassertiefe von 50-70m.
- Nördlich der Vilkitsky-Kathanga-Rinne ($78^{\circ}6'\text{N } 109^{\circ}\text{O}$, $78^{\circ}24'\text{N } 110^{\circ}\text{O}$), bei einer Wassertiefe von 50-70m.
- Nördlich der Halbinsel Taymyr ($77^{\circ}7'\text{N } 111^{\circ}\text{O}$), bei einer mittleren Wassertiefe von 30-40m.
- Östlich der Halbinsel Taymyr ($76^{\circ}9'\text{N } 115^{\circ}40'\text{O}$), bei einer mittleren Wassertiefe von 44m.

- Nordwestlich von Kotelnyy ($77^{\circ}\text{N } 133^{\circ}\text{O}$), entlang der Ostflanke der Yana-Rinne, in mittleren Wassertiefen von 40-50m.
- Nördlich von Kotelnyy ($77^{\circ}\text{N } 138^{\circ}\text{O}$ - $77^{\circ}\text{N } 140^{\circ}\text{O}$), bei einer Wassertiefe von 40-44m.

Zusammenhängende Bereiche besonders geringer Furchenanzahl (unter 5), findet man in den Gebieten:

- In der südlichen und zentralen Laptevsee Region (119°O - 133°O).
- Nördlich vor Kotelnyy ($77^{\circ}30'\text{N } 134^{\circ}30'\text{O}$ - $76^{\circ}40'\text{N } 139^{\circ}20'\text{N}$ und 78°N - 79°N).
- Im überwiegenden Bereich der Vilkitsky-Straße.

Bei einer Untersuchung von Eisfurchenhäufigkeiten in der Beaufortsee wurde ein Maximum in einer Wassertiefe von 20-40m festgestellt (Barnes et al., 1984) und in einer Eisfurchenauswertung der südlichen Laptevsee, wo Eisfurchen in Wassertiefen zwischen 12 und 44m untersucht wurden, konnte das Häufigkeitsmaximum zwischen 18 und 38m Wassertiefe festgestellt werden (Benthien, 1994, unveröffentlicht).

3.4.2 Relative Durchfurchung des Sedimentes

In Karte II ist der prozentuale Anteil des durchfurchten Meeresbodens zur Gesamtlänge der jeweiligen 5km langen Untersuchungsabschnitte dargestellt.

Ähnlich der absoluten Anzahl an gefundenen Eisfurchen ist auf der Karte eine tiefenabhängige Verteilung zu erkennen. In einigen Bereichen gibt es allerdings Abweichungen zur absoluten Häufigkeit an Eisfurchen. Am deutlichsten erkennt man dies in zusammenhängenden Bereichen der nordöstlichen Laptevsee. Am östlichen Kontinentalhang bei Severnaya Zemlya ist vereinzelt in großen Wassertiefen, bei einer geringen Anzahl an Eisfurchen, ein hoher Anteil des Untergrundes durchfurcht, ebenso im Bereich der Vilkitsky-Straße.

Nordöstlich der Taymyr Halbinsel und vorwiegend in flachen Bereichen der Laptevsee findet man hingegen bei höheren Werten der absoluten Anzahlen an Eisfurchen geringere Werte relativer Durchfurchung.

3.4.3 Eisfurchenbreite

In Karte III ist die durchschnittliche Breite der gefundenen Eisfurchen pro 5km Untersuchungsabschnitt abgebildet.

Es ist deutlich zu erkennen, daß es in der Laptevsee Bereiche gibt, in denen Häufungen von durchschnittlich breiten Eisfurchen und Häufungen von durchschnittlich schmalen Eis-

furchen vorhanden sind. Im allgemeinen sind breite Eisfurchen vermehrt in größeren Wassertiefen zu vermerken und schmalere im Flachwasserbereich.

Darüber hinaus sind einige Gebiete besonders breiter Eisfurchen zu erwähnen:

- vor der Taymyr Halbinsel: 77°N 109°O, 77°N 112°O, 77°N 117°O
- bevorzugt auf W-O verlaufenden Routen nordwestlich von Kotelnyy.

Gebiete besonders schmaler Eisfurchen sind darüber hinaus bevorzugt auf N-S verlaufenden Fahrtabschnitten nord- bis nordwestlich von Kotelnyy zu finden.

3.4.4 Maximale Einkerbttiefe der Eisfurchen

In Karte IV ist die maximale Einkerbttiefe der Eisberge in den Untergrund der jeweiligen Untersuchungsabschnitte dargestellt. Im Bereich der Schelfkante sind große Einkerbttiefen zu finden, während im inneren Bereich der Laptevsee nur geringe Einkerbttiefen zu vermerken sind. Tiefe Einkerbungen im nordöstlichen und im nordwestlichen Gebiet der Laptevsee treten deutlich hervor. Eine Häufung von tiefgründigen Eisfurchen findet sich zudem nordöstlich der Taymyr Halbinsel im Bereich der Anabar-Khatanga-Rinne. Größere Bereiche mit Einkerbttiefen $<0,5\text{m}$ sind in der östlichen Lena-Rinne und nördlich bis nordöstlich von Kotelnyy (140° - 145° O) zu finden.

3.4.5 Einkerbttiefenklassen der Eisfurchen

In Karte V/a ist der prozentuale Anteil der Einkerbttiefenklasse $\leq 2\text{m}$ an der Gesamtmenge der gefundenen Eisfurchen pro Untersuchungsabschnitt dargestellt. Die bereits erwähnte Dominanz der Einkerbttiefenklasse $\leq 2\text{m}$ in der Laptevsee ist auf der Karte gut nachzuvollziehen. Vor der Taymyr Halbinsel und nordwestlich vor Kotelnyy sind zusammenhängende Abschnitte mit geringeren Anteilen als 50% der Einkerbttiefenklasse $\leq 2\text{m}$ zu finden. Vereinzelt findet man diese Werte auch im nordöstlichen Bereich der Laptevsee.

In Karte V/b ist der prozentuale Anteil der Einkerbttiefenklasse $>2\text{-}5\text{m}$ an der Gesamtmenge der gefundenen Eisfurchen pro Untersuchungsabschnitt dargestellt. Durch die komplementäre Beziehung der Karte V/a, Karte V/b und Karte V/c, treten hier in den Gebieten vor der Taymyr Halbinsel, nordwestlich vor Kotelnyy vorwiegend Werte über 30% bis maximal 100% der Einkerbttiefenklasse $>2\text{-}5\text{m}$ auf. In den Arealen am östlichen Kontinentalrand vor Severnaya Zemlya und im äußersten Nordosten der Laptevsee werden vor-

wiegend Werte von über 20 bis maximal 50% erreicht. Vereinzelt Werte bis 50% kann man auch im Bereich der Anabar-Khatanga-Rinne, nördlich von 76°N, finden.

In Karte V/c ist der prozentuale Anteil der Einkerbtiefenklasse >5m an der Gesamtmenge der gefundenen Eisfurchen pro Untersuchungsabschnitt dargestellt. In dieser Abbildung sind nur noch vereinzelt Untersuchungsabschnitte vor der Taymyr Halbinsel, im Bereich des küstennahen Ausläufers der Vilkitsky-Khatanga-Rinne mit Werten über 10% bis maximal 30% der Einkerbtiefenklasse >5m zu finden. Weiterhin findet man vereinzelt Untersuchungsabschnitte nordwestlich vor Kotelnyy und im Nordosten der Laptevsee mit Werten über 10% Eisfurchen, tiefgründiger als 5m.

3.4.6 Eisfurchen unterschiedlicher Morphologie

In Karte VI/a ist der prozentuale Anteil der Eisfurchen mit geringer Reliefenergie an der Gesamtmenge der gefundenen Eisfurchen pro Untersuchungsabschnitt dargestellt. Ein größeres zusammenhängendes Areal mit einer Dominanz von Eisfurchen mit geringer Reliefenergie ist im Bereich der nordöstlichen Laptevsee zu finden. Ein zweites großräumiges Areal findet sich in der südlichen und zentralen Laptevsee, zwischen 120°E und 131°O. Allerdings ist hier häufig ein unmittelbares Nebeneinander von Datenpunkten mit Werten von 100% und 0% Anteil dieses Furchentyps vorzufinden. Weitere Bereiche mit einer Dominanz dieses Furchentyps lassen sich in den tieferen Bereichen der Rinnenstrukturen am östlichen Schelfrand von Severnaya Zemlya und vereinzelt in der Vilkitsky-Straße ausmachen.

In Karte VI/b ist der prozentuale Anteil der Eisfurchen mit mittlerer Reliefenergie an der Gesamtmenge der gefundenen Eisfurchen pro Untersuchungsabschnitt dargestellt. Eine auffällige Dominanz dieses Furchentyps ist wiederum in der südlichen und zentralen Laptevsee zwischen 120°O und 131°O zu erkennen. Der Furchentyp: "mittlere Reliefenergie" scheint die Bereiche mit 100% zu ergänzen, die in Karte VI/a bei dem Furchentyp: "geringe Reliefenergie" mit 0% aufgeführt wurden. Im übrigen Bereich der Laptevsee sind überwiegend Werte um 50% vertreten. Nur in der nordwestlichen Laptevsee sind geringere bis keine Anteile dieses Furchentyps zu finden. Durch die komplementären Werte von Karte VI/a, VI/b und VI/c, sieht man in der nordöstlichen Laptevsee längere Fahrtabschnitte, in denen der Furchentyp: "mittlerer Reliefenergie" fehlt.

Die über den gesamten Bereich der Laptevsee vorwiegend um 50% liegenden, diffus verteilten Eisfurchen mittlerer Reliefenergie mit kaum prägnanten Maxima zeigt die Problematik bei der Zuordnung der Eisfurchen zu den drei Klassen unterschiedlicher Reliefenergie. Während sich die beiden Extremtypen (geringe / hohe Reliefenergie) morphologisch

relativ deutlich unterscheiden und erfassen lassen, sind alle anderen Eisfurchen die nicht eindeutig einem dieser beiden Typen zugeordnet werden konnten, zwangsläufig als Eisfurchen mit mittlerer Reliefenergie klassifiziert worden.

In Karte VI/c ist der prozentuale Anteil der Eisfurchen hoher Reliefenergie an der Gesamtmenge der gefundenen Eisfurchen pro Untersuchungsabschnitt dargestellt. Eine prägnante Häufung dieses Furchentyps ist in der nordwestlichen Laptevsee an der nördlichen Flanke des Ausläufers der Schokalsky-Straße zu finden. Eine weitere Häufung findet man südlich der Vilkitsky-Khatanga-Rinne, vor der Taymyr Halbinsel und eine dritte nordwestlich von Kotelnyy. Durch die komplementäre Darstellung der Werte in VI/a, VI/b und VI/c tritt in Karte VI/c deutlich der Bereich in der nordöstlichen Laptevsee und der Bereich in der zentralen und südlichen Laptevsee, zwischen 120°O und 131°O, mit einem Wert von 0% hervor. Weitere Bereiche mit einem nur geringen bis gar keinen Anteil an Eisfurchen hoher Reliefenergie zur Gesamtmenge findet man im äußersten Nordwesten der Laptevsee Region, in der Vilkitsky-Straße und in Küstennähe, östlich der Taymyr Halbinsel.

3.5 Unterteilung der Laptevsee in verschiedene Regionen

Die verschiedenen Eisfurchenhäufungen, auffällige Ähnlichkeiten und Unterschiede in Parasoundprofilen und Ausprägungen der verschiedenen Karteninhalte in den unterschiedlichen Regionen der Laptevsee, lassen eine Unterteilung der Laptevsee für eine getrennte genauere statistische Betrachtung, sinnvoll erscheinen, um die Charakteristik der unterschiedlichen Vorkommnisse in der Laptevsee weiter herauszuarbeiten.

Die geographisch isoliert liegenden Untersuchungsabschnitte in der Vilkitsky-Straße wurden als W-Region zusammengefaßt. Die auf dem nordöstlich exponierten schmalen Schelf vor Severnaya Zemlya gelegenen Untersuchungsabschnitte, die geographisch durch die Vilkitsky-Khatanga-Rinne von den übrigen Untersuchungsabschnitten auf dem breiten flachen Schelf der Laptevsee getrennt sind, wurden als NW-Region zusammengefaßt. Die im nordöstlichen Randbereich der Laptevsee auf einem ungewöhnlich breiten Schelfrand gelegenen Untersuchungsabschnitte wurden zur NO-Region zusammengefaßt. Die auf dem nordöstlich exponierten Schelf vor der Taymyr Halbinsel gelegenen Untersuchungsabschnitte wurden zur SW-Region zusammengefaßt. Die, der SW-Region gegenüberliegenden, am nordwestlich exponierten Schelf der Laptevsee gelegenen Untersuchungsabschnitte vor Kotelnyy wurden zur SO-Region zusammengefaßt. Die östlich der Schelfvorlagerung bei 135°O gelegenen Untersuchungsabschnitte wurden zur O-Region

zusammengefaßt. Die zwischen SW- und SO-Region gelegenen Untersuchungsabschnitte im Süden des Laptevseeschelfs wurden zur S-Region zusammengefaßt.

Wegen der fließenden Übergänge der unterschiedlichen Ausprägungen von der SW-Region bis zur O-Region, wurden die Bereiche mit der höchsten Furchenanzahl (siehe Karte I) als Zentren der verschiedenen Regionen definiert. Von diesen Zentren aus, wurde der Verlauf der Furchenanzahl entlang der Tracks bis zu einem charakteristischen Minimum verfolgt und als Grenze der jeweiligen Region definiert. Ein teilweise un stetiger Verlauf der Furchenanzahlen im Grenzbereich der verschiedenen Regionen hatte zur Folge, daß nicht immer ein nahtloser Übergang von einer Region zur benachbarten erfolgt und auch nicht jeder Untersuchungsabschnitt zur statistischen Auswertung herangezogen wurde.

Dafür konnten allerdings deutlich voneinander getrennte Regionen geschaffen werden, mit klar definierten Grenzen. Durch die Verwendung von Trackabschnitten mit stetigen Häufigkeitsverteilungen von Maximum zu Minimum wird eine kontrastverstärkende Wirkung der verschiedenen Charakteristika der unterschiedlichen Regionen erwartet. Wie in Karte I zu sehen, zeichnet sich die S-Region durch das Fehlen einer charakteristischen Eisfurchenhäufung aus. Ihre Ausbreitung wurde definiert durch die Minima ihrer beiden benachbarten Regionen.

Nachfolgend werden die Charakteristika der 7 Regionen zusammenfassend aufgeführt:

- NW: Dies ist die nordwestliche Laptevsee-Region, die östlich, parallel zum Archipel Severnaya Zemlya, bis zur nördlichen Flanke der Vilkitsky-Kathanga-Rinne, entlang der Schelfkante verläuft. Die darin enthaltenen Untersuchungsabschnitte befinden sich auf einem schmalen, durch Rinnenstrukturen zerschnittenen Schelf mit einer überwiegenden Exposition nach Nordost. Die Fahrtabschnitte umfassen Schelfareale mit sehr variablen Wassertiefen.
- W: Die Region der Vilkitsky-Straße bildet einen Randbereich der Laptevsee und stellt die Hauptverbindung zur westlich gelegenen Karasee dar. Dort ist der einzige Trackabschnitt während der Expeditionen ARK-IX/4 (1993) und ARK-XI/1 (1995), der aufgrund seiner Rinnenmorphologie auf dem Schelfbereich relativ einheitlich in größeren Wassertiefen verläuft.
- SW: Die Region nimmt den Bereich östlich der Taymyr Halbinsel, im Süden bis zur westlichen Flanke der Olenek-Rinne ein. Diese Region beinhaltet verschiedene Areale des Schelfes der Laptevsee, von Flachwasserbereichen bis Schelfrandbereichen. Der Kontinentalrand ist in dieser Region überwiegend nach NO exponiert.

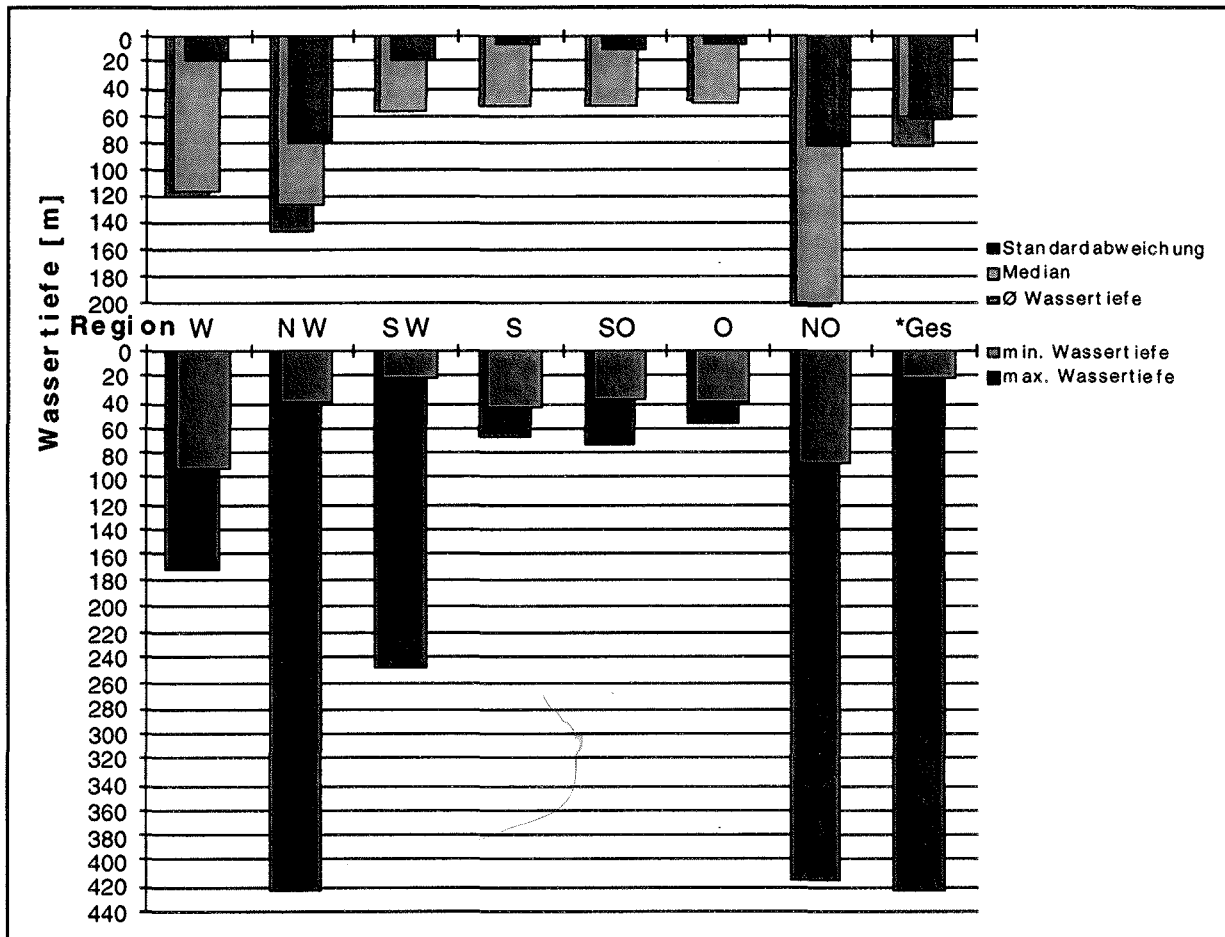
- S: Die Region liegt im Zentrum des weit ausgedehnten, flachen und ebenen Laptevseeschelfs und zeichnet sich durch eine nur geringe Überprägung durch Eisfurchen aus.
- SO: Diese Region befindet sich wie die SW-Region, auf dem ausgedehnten Schelf und erstreckt sich von geringen Wassertiefen bis zum Schelfrandbereich. Der Kontinentalrand ist in der SO-Region allerdings überwiegend NW exponiert.
- O: Diese Region ist eine reine Flachwasserregion und weist viele Parallelitäten zur S-Region auf, hat jedoch eine andere Lage zum Schelfrand.
- NO: Dies ist die östlichste Region in der Laptevsee. Sie befindet sich nördlich von $78,9^{\circ}\text{N}$, ist weit von der Küste entfernt und weist teilweise große Wassertiefen auf. Der nördlich exponierte Kontinentalrand fällt nur flach ein und bildet den Übergang zum Lomonosov-Rücken. In den verschiedenen Karteninhalten sticht diese Region durch Extremwerte hervor.

3.6 Charakterisierung der Regionen

3.6.1 Regionale Verteilung der Wassertiefe

In Abb. 34 sind die Wassertiefen der oben definierten verschiedenen Regionen in der Laptevsee dargestellt. Mit einer maximalen Wassertiefe von 424m in der NW-Region und einer maximalen Wassertiefe von 414,9m in der NO-Region sind diese beiden Regionen am weitesten über die Schelfkante hinaus untersucht worden und weisen auch noch in relativ großen Wassertiefen Spuren von Eisbergaktivität auf. Gefolgt werden diese Regionen von der SW-Region mit einer maximalen Wassertiefe von 247m und von der W-Region, der Vilkitsky-Straße mit einer maximalen Wassertiefe von 170,9m. Die S-Region mit 66,4m, die SO-Region mit 75m und die O-Region mit 56,9m maximaler Wassertiefe gehören zu den flacheren Bereichen auf dem inneren Schelf.

Ergebnisse



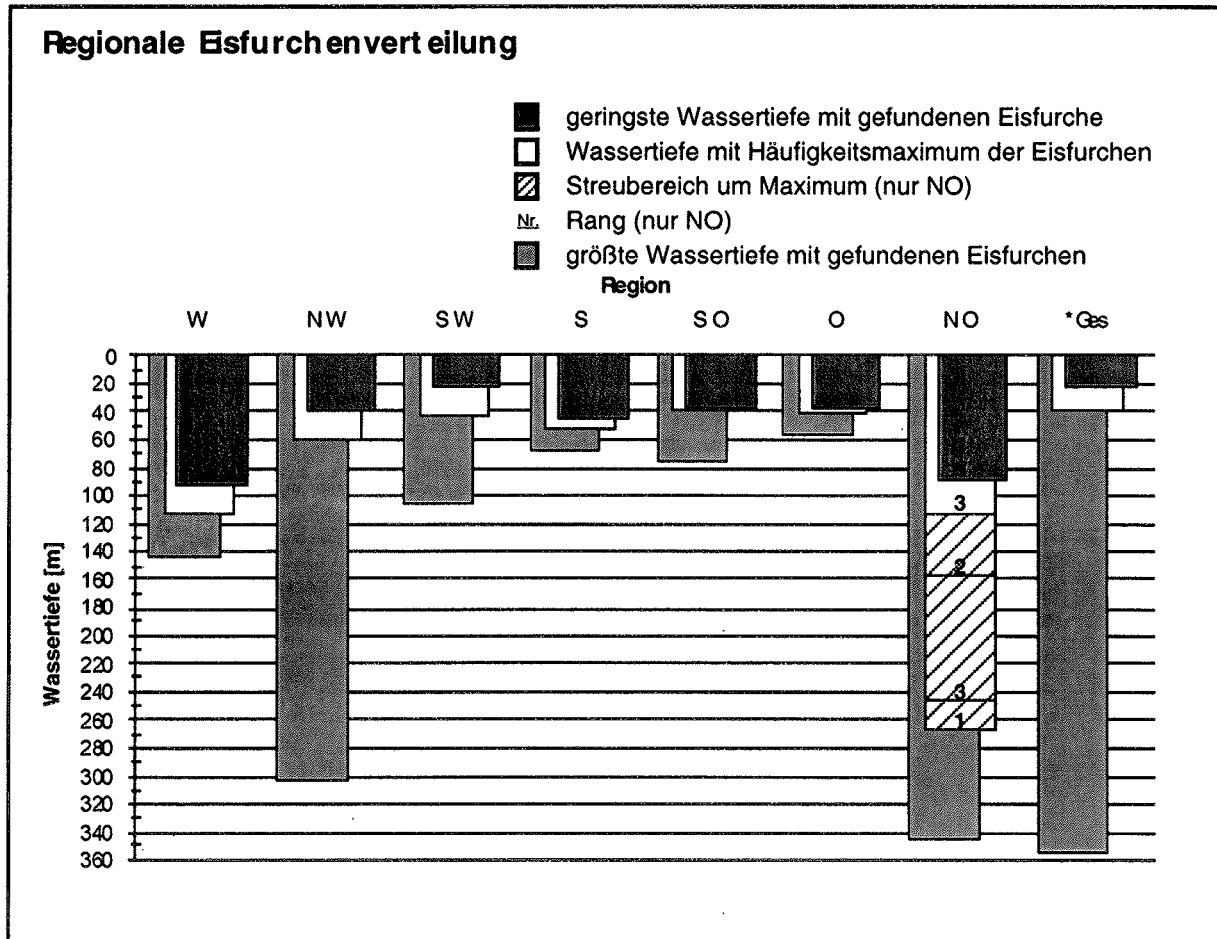
* bezieht sich auf den gesamten Datensatz, nicht nur auf die ausgewählten Regionen

Abb. 34: Wassertiefenverteilung der verschiedenen Regionen in der Laptevsee

Anhand der minimalen Wassertiefen in Abb. 34 erkennt man, daß bis auf die W- und NO-Region alle anderen ausgewählten Regionen Flachwasserbereiche mit Wassertiefen unter 45m enthalten. Der Median gibt die entsprechende Wassertiefe des Datenpunktes in der Mitte des Datensatzes an. Der Vorteil des Medians gegenüber der mittleren Wassertiefe ist, daß die Extremwerte nicht so stark ins Gewicht fallen. Die Abweichungen zwischen dem Median und der mittleren Wassertiefe betragen in der SW-, S-, SO- und in der O-Region maximal 1,4m. In der NO-Region beträgt die Differenz zwischen Median und mittlerer Wassertiefe 2,3m, obwohl die Differenz zwischen Minimum und Maximum 328,6m entspricht. Läßt man jeweils 5% der Extremwerte wegfallen, so erhält man zwischen Median und mittlerer Wassertiefe eine Abweichung von nur noch 0,1m. Die W-Region besitzt mit 4,3m Differenz zwischen Median und mittlerer Wassertiefe schon eine höhere Abweichung. In der NW-Region ist mit 18,1m Differenz die stärkste Abweichung verzeichnet. Die Standardabweichung fällt in der S-, SO- und der O-Region mit unter 8m am geringsten aus. In der W- und SW-Region beträgt die Standardabweichung zwischen 16 und 18m. Die

höchsten Standardabweichungen sind mit ca. 80m in der NW- und in der NO-Region zu finden.

3.6.2 Regionale Verteilung der Eisfurchen in Bezug zur Wassertiefe



* bezieht sich auf den gesamten Datensatz, nicht nur auf die ausgewählten Regionen

Abb. 35: Eisfurchenverteilung der verschiedenen Regionen in der Laptevsee

In Abb. 35 ist die Eisfurchenverteilung der verschiedenen Regionen in Bezug zur Wassertiefe dargestellt. Die mit 354,5m am tiefsten gelegene Eisfurchen in der Laptevsee befindet sich bei ca. 78,25° Nord 135,5° Ost (siehe Abb. 20). Die am tiefsten gelegenen Eisfurchen innerhalb der Regionen wurden in der NO-Region (344,5m) und in der NW-Region (304m) ausgemacht. Weitere Eisfurchen in größeren Wassertiefen findet man in der W-Region (143,5m) und in der SW-Region (105,5m). In mittlerer Wassertiefe sind die tiefsten Eisfurchen der SO-Region (74,2m) und S-Region (66,7m). In der geringsten Wassertiefe findet man die tiefste Eisfurchen der O-Region (56m). Die geringsten Wassertiefen, in denen Eisfurchen gefunden wurden, betragen außer in der NO- und W-Region weniger als 45m. In der W-Region ist die Eisfurchen der geringsten Wassertiefe bei 92,7m unter NN

Ergebnisse

45m. In der W-Region ist die Eisfurchen der geringsten Wassertiefe bei 92,7m unter NN und in der NO-Region bei 87,5m unter NN zu erkennen. Die Wassertiefen, mit den meisten Eisfurchen betragen in der SO-, O- und in der SW-Region ca. 40m, in der S-Region 53m, in der NW-Region 61m, in der W-Region ca. 114m und in der NO-Region fast 270m. In der NO-Region gibt es keine Häufung an gefundenen Eisfurchen, um eine näher eingegrenzte Wassertiefe auszumachen. In Abb. 35 wurden daher vier Untersuchungsabschnitte ihrem Rang nach mit den meisten gefundenen Eisfurchen in der NO-Region aufgenommen. Zur Verdeutlichung ist nachfolgende Tabelle aufgeführt:

Tab. 4: Rang der maximalen Furchenhäufigkeit in Untersuchungsabschnitten der NO-Region

Rang	1	2	3	3	4	4
Anzahl der gefundenen Furchen	26	23	22	22	19	19
Mittlere Wassertiefe	268,0 m	158,0 m	113,0 m	245,6 m	174,6 m	288,0 m
Minimale Wassertiefe	257,5 m	143,5 m	109,5 m	236,5 m	158,3 m	277,5 m

3.6.3 Anzahl der Furchen in Abhängigkeit von der Wassertiefe

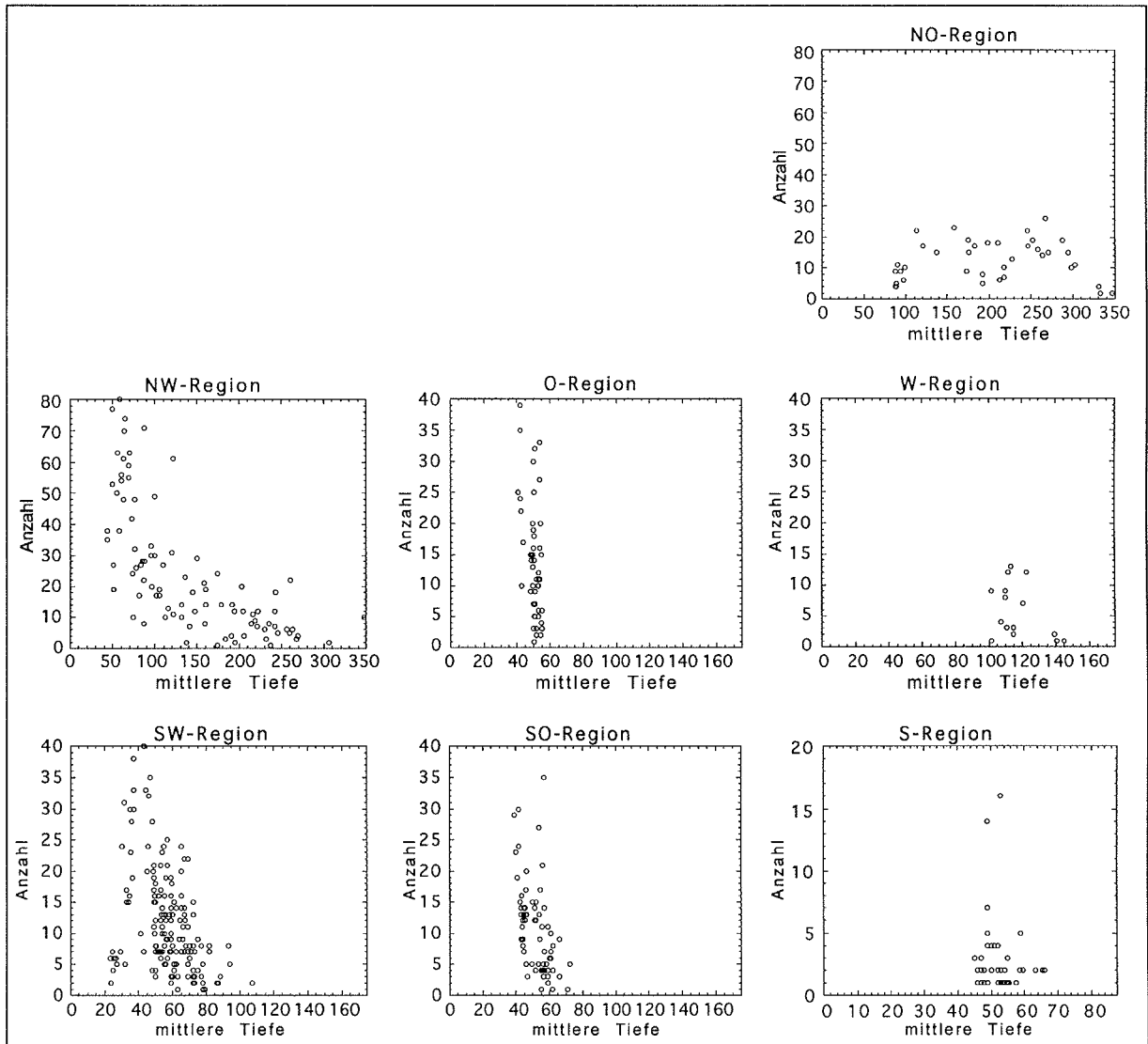


Abb. 36: Anzahl der gefundenen Eisfurchen in Abhängigkeit von der Wassertiefe

In Abb. 36 ist die Anzahl der gefundenen Eisfurchen pro Untersuchungsabschnitt in Abhängigkeit von der Wassertiefe dargestellt. Betrachtet man die Eisfurchenverteilungen in der NW-, SW-, S-, SO- und Ost-Region, so erkennt man, daß die meisten Eisfurchen in einer Wassertiefe von 40-60m zu finden sind. In der W-Region findet man hingegen die meisten Eisfurchen in einer Wassertiefe von 110-115m. In der NO-Region ist keine tiefenabhängige Häufigkeitsverteilung der Eisfurchen festzustellen.

3.6.4 Regionale Verteilung der maximalen Einkerbttiefen

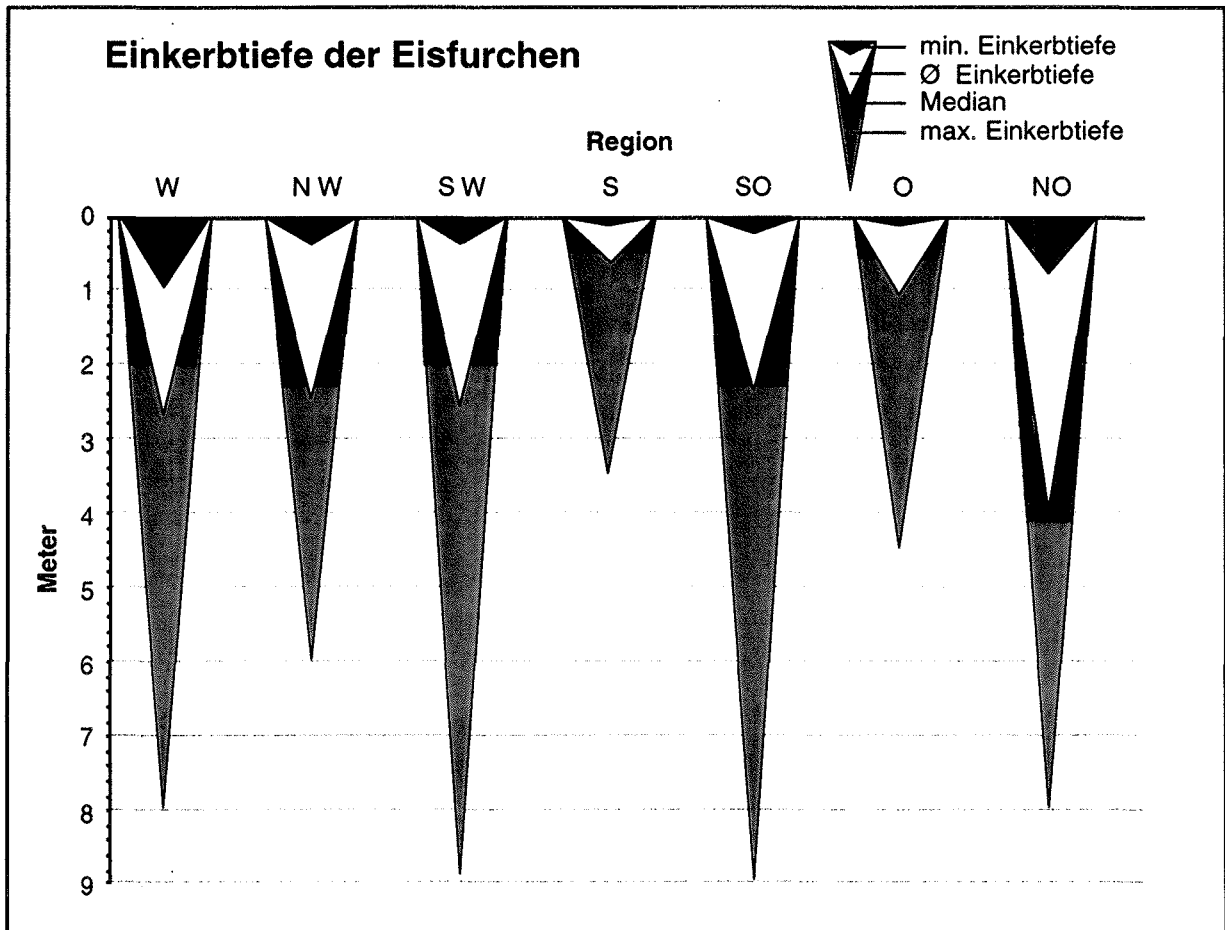


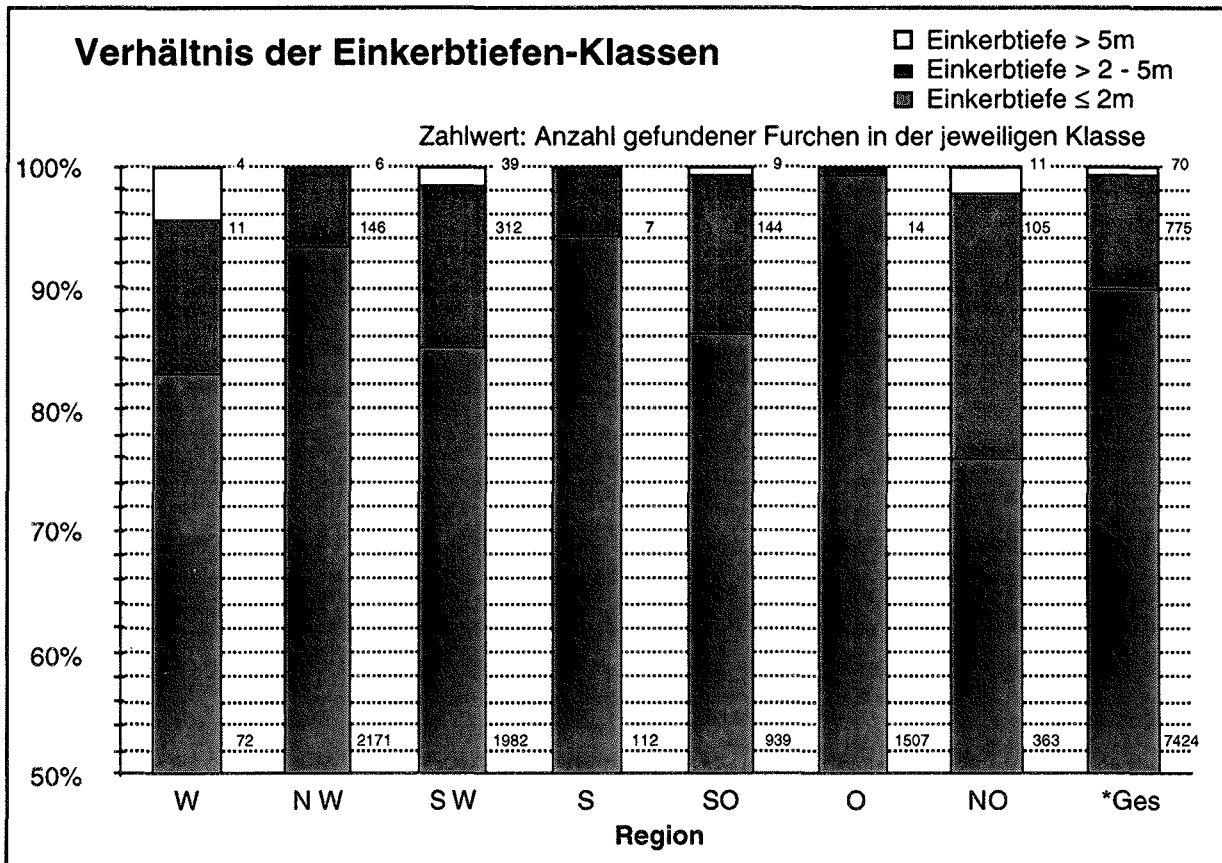
Abb. 37: Verteilung der maximalen Einkerbttiefen der Untersuchungsabschnitte in den verschiedenen Regionen der Laptevsee

In Abb. 37 ist die Verteilung der maximalen Einkerbttiefen in den Untersuchungsabschnitten für die verschiedenen Regionen der Laptevsee dargestellt. Es ist zu erkennen, daß die maximale Einkerbttiefe von Region zu Region zwischen 3,5 und 9m schwankt. Die größten regionalen Einkerbttiefen findet man mit 9 und 8,9m in der SO- und SW-Region, gefolgt von 8m in der W- und NO-Region. In der NW-Region beträgt die maximale Einkerbttiefe 6m. In der O- und S-Region ist nur eine maximale Einkerbttiefe von 4,5 und 3,5m zu erkennen. Die geringste maximale Einkerbttiefe findet man mit 0,2m in der O- und in der S-Region gefolgt von der SO-Region mit 0,3m Einkerbttiefe. In der NW- und der SW-Region beträgt die geringste maximale Einkerbttiefe 0,4m. Mit minimalen Werten der maximalen Einkerbttiefe von 0,8 und 1m treten die W- und NO-Region deutlich hervor.

In der NO-Region treten mit einer durchschnittlichen maximalen Einkerbttiefe von 4m und einem Median bei 4,1m am häufigsten tiefgründige Eisfurchen auf. Die aufgelaufenen Eisberge in der NW-, W-, SW-, und SO-Region besitzen durchschnittliche maximale Ein-

kerbtiefen und einen Median mit Werten um die 2m, wobei nur Schwankungen von 30cm vorkommen. In der S- und O-Region wird ein Median von 0,5m und 0,6m erreicht.

3.6.5 Regionale Verteilung der Einkerbtiefenklassen



* bezieht sich auf den gesamten Datensatz, nicht nur auf die ausgewählten Regionen

Abb. 38: Relative Verteilung der Einkerbtiefenklassen in den verschiedenen Regionen der Laptevsee

In Abb. 38 ist die relative Verteilung der Einkerbtiefenklassen ($\leq 2m$, $>2-5m$, $>5m$) zur Gesamtmenge der Region, für die verschiedenen Regionen der Laptevsee dargestellt. Man erkennt, daß im Durchschnitt ca. 90% der verzeichneten Eisfurchen nicht tiefgründiger als 2m und nur weniger als 1% tiefgründiger als 5m sind.

In der O-Region ist die Klasse "Einkerbtiefe $\leq 2m$ " mit über 99% am stärksten vertreten. Es folgt die S-Region mit über 94%, die NW-Region mit 93,5%, die SO-Region mit 86%, daraufhin die SW-Region mit 85% und die W-Region mit fast 83%. Den geringsten Anteil an Eisfurchen der Klasse der Einkerbtiefe bis 2m, besitzt die NO-Region mit weniger als 77%. Dafür besitzt die NO-Region, mit über 22% den höchsten Anteil an Eisfurchen zwischen 2 und 5m. Es folgen mit jeweils ca. 13% die SW-, SO- und die W-Region. Die NW- und die S-Region liegen bei etwa 6% und die O-Region unter 1%.

Tiefgründigere Eisfurchen als 5m sind in der S- und O-Region nicht vertreten. In der NW- und der SO-Region sind unter 1% der gefundenen Eisfurchen tiefgründiger als 5m, in der SW- und NO-Region ca. 2%. In der W-Region findet man mit einem Anteil über 4,5% durchschnittlich am häufigsten tiefgründigere Eisfurchen als 5m.

3.6.6 Regionale Verteilung der Eisfurchenmorphologie

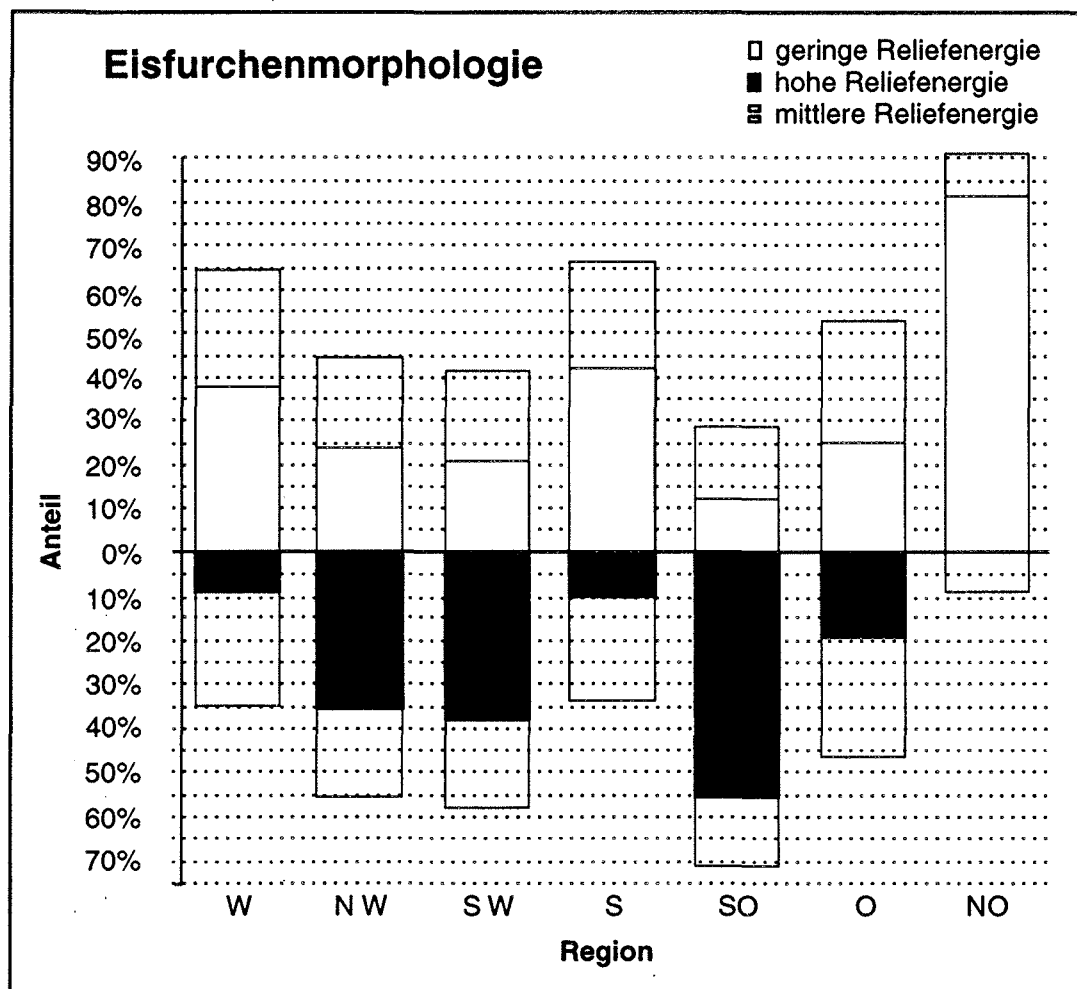


Abb. 39: Prozentualer Anteil der verschiedenen Furchentypen an Gesamtmenge der jeweiligen Region

In Abb. 39 ist die relative Verteilung der verschiedenen Eisfurchentypen zur Gesamtanzahl in den Untersuchungsabschnitten für die verschiedenen Regionen der Laptevsee dargestellt. Die oberen Säulen geben den Anteil der Furchen: "geringe Reliefenergie", die unteren den der Furchen: "hohe Reliefenergie" wider. Die transparenten Flächen stellen den Anteil der Furchen: "mittlere Reliefenergie" dar. Die drei Klassen ergeben jeweils zusammen 100%. Je geringer der transparente Anteil einer Säule ist, desto eindeutiger konnte in der Region die jeweiligen Ausprägungsformen der Eisfurchen bestimmt werden.

Mit einem Anteil an Furchen "geringe Reliefenergie" von über 80% und nur noch einem Restanteil an Furchen "mittlere Reliefenergie", konnte die Furchenart in der NO-Region am eindeutigsten bestimmt werden. Weitere Gebiete mit einer Dominanz der Furchen "geringe Reliefenergie" sind die S-Region, mit einem über 40 prozentigen Anteil und die Westregion mit einem Anteil von etwas unter 40 Prozent. Die deutlichste Bestimmung zum Furchentypus "hohe Reliefenergie" findet man mit etwas über 55% in der SO-Region. Weitere Regionen, in denen eher Eisfurchen mit hoher Reliefenergie dominieren, sind die SW-Region und die NW-Region mit über 35%. In der O-Region überwiegt der Typus "mittlere Reliefenergie".

3.6.7 Sedimentumlagerung in den unterschiedlichen Regionen

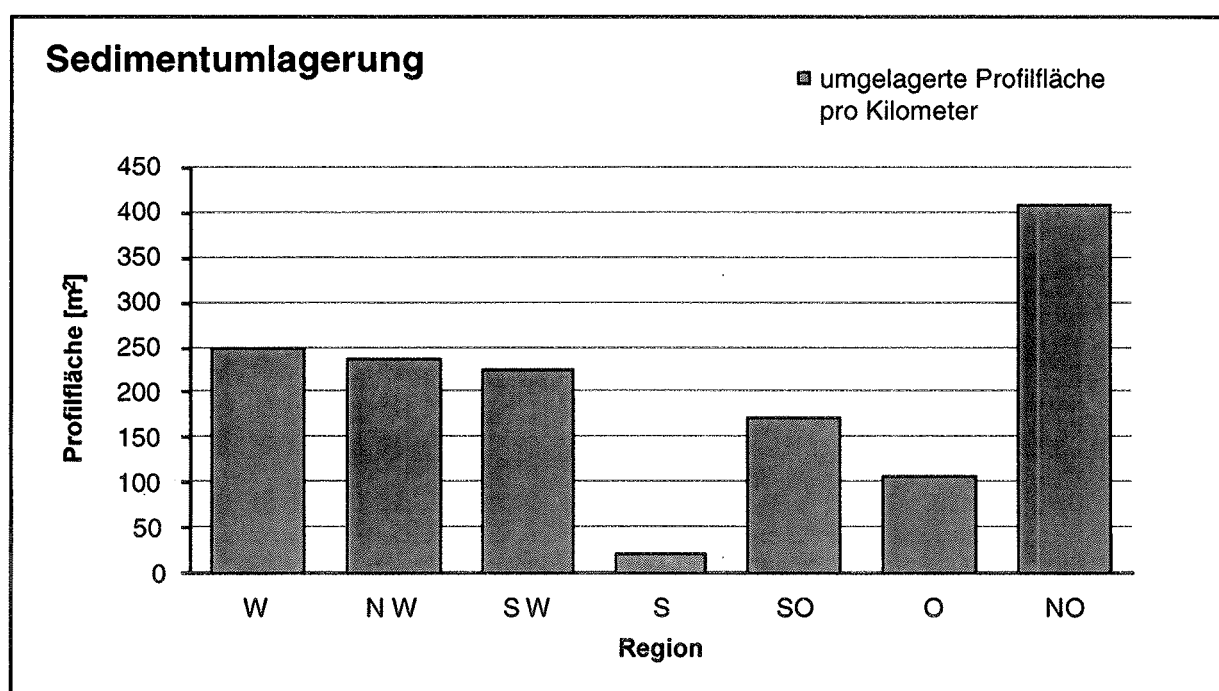


Abb. 40: Durchschnittliche umgelagerte Profilfläche pro Kilometer in den verschiedenen Regionen in der Laptevsee

In Abb. 40 ist die durchschnittliche umgelagerte Profilfläche pro Kilometer für die einzelnen ausgewählten Regionen in der Laptevsee dargestellt. Mit einem Wert von 408 m² fand in der NO-Region durchschnittlich die stärkste Umlagerung im Sediment statt, gefolgt von der W-Region mit 248 m², NW-Region mit 234 m² und der SW-Region mit 225 m². Die Werte für die übrigen Regionen lauten: SO-Region mit 170 m², O-Region mit 107 m² und S-Region mit dem niedrigsten Wert von 19 m² auf einem 1km langen Parasoundprofilabschnitt.

4 Diskussion

4.1 Eisfurchenerkennung und Untergrundstrukturen

4.1.1 Nordwestliche Laptevsee

Der in Kapitel 3.3.1 (Abb. 21) gezeigte stark strukturierte Meeresboden scheint teils durch rezente Eisberge, teils durch glaziale Eiskappen, eine Eisüberprägung erfahren zu haben. Diese Region wird auch bei der diskutierten Theorie über die geographische Ausdehnung der spätquartären Vereisung als eisüberprägt angenommen (Dunayev & Pavlidis, 1988; Elverhøi et al., 1993; Grosswald, 1988; Weiel, 1997, unveröffentlicht) (siehe Kapitel 1.10.1). Ein Anhaltspunkt dafür ist im vorliegenden Parasoundprofil die niedrige und undifferenzierte vertikale Auflösung, die einen Diamikt im Untergrund vermuten läßt, der auf Eisaktivität hinweist. Gröberes eingelagertes Material scheint für die punktförmig rückgestreuten Reflexionen verantwortlich zu sein. Bei einer Kernstation der Expedition ARK-XI/1 (1995) wurde am südöstlichen Hang der Schokalsky-Rinne mit einem Schwerelot ein Sedimentkern (PS2782-1) gewonnen. An dessen Basis wurde ein glaziomariner Diamikt festgestellt, der auch auf entsprechenden Parasoundauszügen gefunden wurde (Weiel, 1997, unveröffentlicht). Weiterhin werden Diamikte für die östliche Barentssee (Gataullin et al., 1993; Polyak, 1995) beschrieben.

Ein weiterer Diamikt wurde mit Hilfe von Parasoundprofilen östlich von Severnaya Zemlya bis über 2000m Wassertiefe verfolgt. Dessen Entstehung wird durch herabgeregnetes, ehemals in Eisbergen eingefrorenes grobes Geschiebematerial erklärt, sogenannten Dropstones (Weiel, 1997, unveröffentlicht). Die auf den Parasoundschrieben interpretierten Eisfurchen überprägen die Sedimentoberfläche ähnlich stark wie jene, die Dowdeswell et al. (1992) im Scoresby Sund als "hohe Eisbergfurchenintensität" beschreibt. Der Scoresby Sund befindet sich in unmittelbarer Nähe des Daugaard-Jensen Gletschers, von dessen Stirnseite die meisten Eisberge der Arktis kalben (siehe Kapitel 1.6), so daß man annehmen kann, daß die Eisfurchen in Abb. 21 von häufig vorbeidriftenden rezenten Eisbergen eingeschnitten wurden, die von einem nahegelegenen Quellgebiet auf Severnaya Zemlya stammen. Die für tiefere Bereiche der nordwestlichen Laptevsee beschriebenen von einer homogenen Schicht überlagerten Eisfurchen scheinen älter zu sein.

4.1.2 Westliche Laptevsee

Die andere Charakteristik der in Abb. 22 beobachteten Eisfurchen im Vergleich zu denen in Abb. 21 könnte mehrere Ursachen haben. Weiel (1997, unveröffentlicht) nimmt für die

Vilkitsky-Straße im letzten Hochglazial fjordähnliche Bedingungen an, so daß hier zum einen keine Überkonsolidierung des Untergrundes stattgefunden hat und somit tiefgründigere Furchen möglich sind, zum anderen können hier durch die Eisfreiheit während des Stadiums 2 auch Eisfurchen aus früherer Zeit erhalten sein. Durch die von rezenten Eisbergliefergebieten isolierte Lage der westlichen Vilkitsky-Straße im Norden von Severnaya Zemlya (siehe Kapitel 1.6) ist hier auch eine nicht so häufige Überprägung durch vorbeidriftende Eisberge zu erwarten.

4.1.3 Südwestliche Laptevsee

Die in Kapitel 3.3.3 (Abb. 23) beschriebene, an den Rändern der geomorphologischen Mulden auskeilende seismische Einheit (S1) scheint einen weicheren oberen Sedimentkomplex widerzuspiegeln. Die unterschiedliche Intensität der Durchfurchung des Untergrundes könnte somit in Verbindung mit der obersten nur partiell vorhandenen weichen Sedimentschicht gebracht werden. Im nordwestlichen tieferen Bereich des Profils scheint allerdings unabhängig vom Untergrund eine intensive Durchpflügung des Meeresbodens stattgefunden zu haben.

Da diese intensive Durchfurchung nur bis zu einer bestimmten Wassertiefe auftritt (ca. -35m NN), könnte man auch vermuten, daß Eisberge mit diesem Tiefgang dominieren, wahrscheinlich in Abhängigkeit zur Entfernung des Eisbergliefergebietes. So könnten die Eisberge bis zu dieser Wassertiefe auf dem Schelf auflaufen und einen sogenannten "Eisbergfriedhof" bilden. Suslov (1961) berichtet von einem "Eisbergfriedhof" in der Nähe der Khatanga- und Anabarmündung. Dieser Bereich soll durch im kalten Taymyrstrom östlich entlang der Taymyr Halbinsel Richtung Süden driftendes Eis gespeist werden.

Der aufgrund der schwach ausgeprägten Eisfurchen in den flachen Bereichen (siehe Abb. 23 Abschnitte B und D) angenommene härtere Untergrund könnte an der submarinen Oberfläche anstehender Permafrost sein, der sich im letzten Glazial bildete, als große Bereiche des Laptevseeschelfs trocken lagen (Mackay, 1972; Lewellen, 1973). Romanovskii et al. (1998) haben für die Laptevsee je nach Wärmefluß aus dem Untergrund unterschiedliche Permafrostbereiche in der Laptevsee angegeben (siehe Kapitel 1.8). Für den Bereich der Laptevsee des hier diskutierten Parasoundprofils wird der niedrigste Wärmefluß (30-40mW/m²) angegeben, so daß hier der Permafrost besonders stark ausgeprägt und oberflächennah zu finden sein müßte. Dies deckt sich gut mit dem im Parasoundprofil gedeuteten oberflächennahen Übergang zum Permafrostboden.

Während der Expedition ARK-X/2 (1994) nach Grönland wurde beim Fjord Hochstetterbugten ein Parasoundprofil aufgezeichnet, das gefaltetes Grundgestein wiedergibt. Dieses Grundgestein weist eine ähnliche erosive Oberfläche auf, wie es in dem Parasoundprofil

der südwestlichen Laptevsee bei den von M1 nach Nordwesten verfolgbareren Reflexionshorizonten von S2 zu erkennen ist. Die Erosion in Grönland wird mit Eisbewegungen in Beziehung gebracht (Hubberten, 1995). Man könnte also vermuten, daß in Abb. 23 ebenfalls Grundgestein mit Erosion an der Oberfläche zu erkennen ist, die durch Eisbewegungen verursacht wurde.

Der von Abb. 23-Abb. 24 verfolgbare abschließende Reflexionshorizont, der schon für Abb. 23 als Grenzschicht zum Permafrost gedeutet wurde, weist im südöstlichen Bereich des Parasoundprofils eine Aneinanderreihung von nach oben hin konvexen Formen auf. Tiefgründige Eisfurchen reichen teilweise bis an diesen Reflektor, jedoch nicht tiefer. Dieser kuppelförmige Reflektor, der sich anscheinend über einem härteren Untergrund befindet, könnte also eine spezielle Ausprägung des Übergangs vom ungefrorenen zum gefrorenen Zustand des Untergrundes darstellen. Ein eindeutiger Nachweis für die im Parasoundprofil vermuteten Permafrosterscheinungen kann zur Zeit noch nicht erfolgen. Weitere Untersuchungen sind im Zuge des Projektes "Laptevsee 2000" geplant. Die intensive tiefgründige Durchfurchung im tiefer liegenden südöstlichen Bereich und die geringe Durchfurchung im höher liegenden nordwestlichen Bereichen des Parasoundprofils kann gut mit dem unterschiedlichen oberflächennahen Verlauf des abschließenden Reflektors erklärt werden, der einen Wechsel zu härteren Untergrundbedingungen anzeigt.

Die in Abb. 25 ca. 450m breit wirkende Furche Nr. 2 ist vermutlich nur infolge eines Anschnitteffektes so breit. Ihre Dämme weisen einen wesentlich flacheren Winkel zum Meeresboden auf als die Eisfurchen in der Umgebung, während die Dämme dennoch eine gewisse Strukturierung aufweisen und im Untergrund keine Anzeichen für eine ehemals tiefgründigere, nun schon eingeebnete Eisfurche zu finden sind.

Auch wenn das absolute Entstehungsalter der einzelnen Eisfurchen im Parasoundprofilabschnitt nicht zu ermitteln ist, so können hier anhand der Form der aufgeschobenen Dämme gewisse relative Altersunterschiede angegeben werden. Durch die stärkere Strukturierung der Dämme von Furche Nr. 3, 5 und 7 kann hier eine jüngere Entstehungszeit als die der übrigen angenommen werden. Da die Eisfurchen Nr. 1, 4, 6, 8 und 9 womöglich schon länger Wasserströmungen oder Sedimenteintrag ausgesetzt waren, konnten deren Dämme teils nivelliert und teils durch Sedimentanlagerung ihre Struktur verlieren. Furche Nr. 2 könnte bei der Annahme einer diagonalen Überquerung auch einer jüngeren Entstehungszeit zugeordnet werden, da selbst in der gestreckten Form Strukturierungen der Dämme erkennbar sind.

Da alle Eisfurchen unabhängig von ihren Ausmaßen und ihren Altern Einkerbtiefen nur bis zur Grenzschicht der unteren dunklen seismischen Einheit erreichen, kann für die untere seismische Einheit eine härtere Untergrundbedingung angenommen werden.

Der die Parasoundeindringung begrenzende starke Reflexionshorizont, könnte der in den vorherigen Parasoundprofilen gedeutete Übergang zum submarinen Permafrost darstellen. Hier treten auch wiederum die kuppelartigen Formen des nach unten hin begrenzenden Reflektors auf, die in Abb. 24 einen darunter befindlichen härteren Untergrund markieren und als spezielle Permafrosterscheinung gedeutet wurden.

4.1.4 Südliche Laptevsee

Die äußerst geringe Morphologie des Schelfs in der südlichen Laptevsee macht es möglich, die in Abb. 26 und Abb. 27 in Kapitel 3.3.4 nur schwach ausgeprägten Oberflächenstrukturen als Eisfurchen zu erkennen. Die differenzierte Reliefenergie der Eisfurchen in den beiden Abbildungen könnte die verschiedenen Phasen der Einebnung oder die unterschiedliche Sedimentbeschaffenheit des Untergrundes widerspiegeln. Kuptsov & Lisitsin (1996) geben für den Bereich der Laptevsee, in dem sich das Profil der Abb. 27 befindet, eine nur sehr geringe Sedimentationsrate an (3,2cm/1000 Jahre). Eine schnellere Nivellierung der in Abb. 27 dargestellten Eisfurchen als die in Abb. 26 infolge einer höheren Sedimentationsrate im Bereich der östlichen Lenarinne scheint somit ausgeschlossen. Eine gröbere Korngröße und eine stärkere Konsolidierung des Sedimentes führen zu resistenteren Furchen (Barnes & Reimnitz, 1974; Reimnitz et al., 1980). Die unterschiedlichen Eisfurchenausprägungen in Abb. 26 und Abb. 27 könnten also durch unterschiedliche Korngrößenzusammensetzungen des durchfurchten Sedimentes zustandekommen. Nach Lindemann (1994, unveröffentlicht) befindet sich der Parasoundauschnitt von Abb. 27 mit den kaum auszumachenden Eisfurchen in einer Sedimentprovinz mit hohem Tongehalt (>40%) und geringem Sandgehalt ($\leq 20\%$) und das Profil der Abb. 26 mit den zwar kleinen doch deutlich identifizierbaren Eisfurchen in einer Sedimentprovinz mit geringerem Tongehalt (20-40%) und höherem Sandgehalt (20-50%). Dies scheint die Annahme über Resistenz von Eisfurchen in Abhängigkeit zur Korngrößenzusammensetzung des Sedimentes zu bestätigen. Über das Alter der abgebildeten Eisfurchen kann man nichts genaueres sagen. Man könnte das Alter der Eisfurchen festlegen, wenn man das Alter der ersten ungestörten Sedimentlage über den Eisfurchen kennen würde. Diese Grenze ist innerhalb des obersten Reflektors des Parasoundprofiles anzunehmen und kann vom Parasoundsystem nicht aufgelöst werden. Die transparenten teilweise kuppelförmigen Erscheinungen, welche in S1 der Abb. 26 zu finden sind und den Profilabschluß in Abb. 27 bilden, könnten wiederum submarine Permafrostbereiche anzeigen.

4.1.5 Südöstliche Laptevsee

Die in Abb. 28-30 wiedergegebene ebene Schelfmorphologie verdeutlicht, daß Tiefe und Häufigkeit von Eisfurchenereignissen nicht nur von der Morphologie des Schelfs abhängig sind. Die nähere Position zum Schelfrand läßt eine günstigere Lage zum rezenten Eisberg-liefergebiet auf Severnaya Zemlya vermuten (siehe Kapitel 1.10.5). Die Lage der Grenzschicht zwischen S1 und S2 scheint für die unterschiedliche Tiefgründigkeit der Eisfurchen verantwortlich zu sein. Die kuppelförmigen Erscheinungen unterhalb der Grenzschicht in Abb. 28, die in den vorherigen Abbildungen schon als Anzeichen für Permafrost im Untergrund gedeutet wurden, die Grenzschicht zwischen S1 und S2, die in Abb. 29 diskordant zu Reflektoren in S2 verläuft, und die in Abb. 30 unmittelbar unter der Grenzschicht einsetzenden transparenten Bereiche lassen vermuten, daß die Grenzschicht den Wechsel zu gefrorenem Boden wiedergibt. Der Verlauf der Grenzschicht unabhängig vom Verlauf einer Schichtung spricht für eine Permafrostgrenze, da der Übergang von ungefrorenem zu gefrorenem Zustand zwar abhängig von verschiedenen Schichten verlaufen kann, aber nicht zwingend damit verknüpft sein muß. Roger & Morack (1983), die mit geophysikalischen Methoden Permafrost in der Beaufortsee untersuchten, fanden heraus, daß man anhand von schnelleren Ausbreitungsgeschwindigkeiten von Schallwellen (abhängig von der Dichte des Mediums) im Permafrost die Grenze zwischen gefrorenen und ungefrorenen Sediment festlegen kann. Diese Dichteänderung erscheint im Parasoundschrieb, je nach Stärke der Änderung als unterschiedlich starker Horizont (siehe Kapitel 2.3) und kann so einen bodensimulierenden Reflektor bilden, der unabhängig von der eigentlichen Schichtung verlaufen kann.

Popov (1991) beschreibt, daß durch Permafrost Sedimentlagen schlierenartig verlagert werden können. So könnten die in Abb. 30 auftretenden transparenten Bereiche diese Erscheinung darstellen, in denen die Reflexionshorizonte soweit gestört sind, daß sie auf dem Parasoundschrieb transparent erscheinen. Diese Erscheinungen bekräftigen zusammen den Eindruck, daß das oberflächennahe intensive Reflektorband die Grenze zum submarinen Permafrost darstellt.

Die 40km westlich des Parasoundausschnittes von Abb. 28 befindlichen Parasoundausschnitte in Abb. 31 geben weitere Aufschlüsse über die südöstliche Laptevsee. Untersuchungen in der Beaufortsee zeigten, daß die dortigen Eisfurchen innerhalb von wenigen Jahren wieder eingeebnet werden (Barnes et al., 1985). Aus den häufig beobachteten Eisfurchen in der südwestlichen und südöstlichen Laptevsee wurde daher Erosion durch Eis als ein wichtiger rezenter Prozeß auf dem Schelf gedeutet (Fütterer, 1994).

Weiterhin wurde aufgrund des deutlichen Reflexionsbandes unmittelbar unterhalb der Eisfurchen in Abb. 31 die Frage gestellt, ob durch auflaufende Eisberge ein post-sedimentärer Reflektor entstehen kann (Fütterer, 1994). Dieser Reflektor kann anhand eines durchgehenden Parasoundprofiles bis Abb. 28 weiterverfolgt werden und entspricht der beschriebenen Grenzschicht zwischen S1 und S2. Dies macht eine Deutung als Permafrostgrenzschicht zumindest für diesen Bereich der Laptevsee plausibler.

Nach Rachor (1997) werden die morphologischen Unterscheidungsmerkmale innerhalb der einzelnen Furchen detailliert wiedergegeben. Er schließt daraus, daß Eisfurchen in der Laptevsee über Jahre hinweg ohne erkennbare Alterserscheinungen bestehen können. Er vermutet daher, daß die häufig vorkommenden Eisfurchen in der südwestlichen und südöstlichen Laptevsee eine Kumulation von Einzelereignissen während des Holozäns sind.

Für Blanchon & Shaw (1995) ist ein vermehrtes Eisbergkalben ein Indikator für Klimaerwärmung. Ein vermehrtes Aufkommen von Eisbergen müßte sich auch durch ein häufigeres Auftreten von Eisfurchenereignissen bemerkbar machen. Kann nachgewiesen werden, daß die in einigen Bereichen der Laptevsee häufig aufzufindenden Eisfurchen innerhalb von kurzen Zeiträumen vermehrt entstanden sind, so würde das ein Anzeichen für Klimaerwärmung sein. Kann jedoch nachgewiesen werden, daß die gefundenen Eisfurchen über einen langen Zeitraum hinweg durch Kumulation von Einzelereignissen entstanden sind, so spricht dies für ein gleichbleibendes Klima. Aufgrund der übereinstimmenden Parasoundprofile von 1993 und 1995 könnte dies bestätigt werden. Es ist allerdings recht spekulativ, bei keiner ersichtlichen Änderung innerhalb von 2 Jahren eines 8,5km langen Profilabschnittes mit einem Furchenaufkommen von etwas über 2 pro Kilometer Schlüsse auf Klimaentwicklungen zu ziehen. Es ist zum Beispiel denkbar, daß Eisfurchen nicht stetig entstehen, sondern in Form von periodisch auftretenden Häufungen von Ereignissen, wie zum Beispiel nach starken Stürmen, oder auch kurzfristigen lokalen Temperaturfluktuationen. Um genauere Aussagen über Entwicklungen von Eisfurchenereignissen in der Laptevsee machen zu können, wäre daher eine Beobachtung über einen längeren Zeitraum oder über ein größeres Gebiet interessant.

4.1.6 Östliche Laptevsee

Die in Abb. 32 dargestellten Ausprägungen der Eisfurchen, die Morphologie des Meeresbodens und die Untergrundstrukturen der Region, die am ehesten auf Abb. 26 übertragbar sind, lassen auf ähnliche Bedingungen in den beiden Regionen schließen. Die oberflächennah zu findenden transparenten, teils keilförmigen Bereiche und die kuppelförmigen Erscheinungen im Untergrund, lassen einen oberflächennahen Permafrostboden vermuten. Das Profil in Abb. 32 scheint zwar dem der Abb. 26 recht ähnlich zu sein, es sind hier je-

doch wesentlich mehr Eisfurchen zu finden. Dies könnte an der näheren Lage zum Schelfrand und einer zentraleren Position zur vorherrschenden Eisdriftroute liegen, wie es auch schon für die südöstliche Laptevseeregion vermutet wurde.

4.1.7 Nordöstliche Laptevsee

Die Bedingungen, die in Abb. 33 wiedergegeben werden, scheinen gänzlich andere zu sein als die, die in der 224km weiter südwestlich gelegenen Lokalität (Abb. 32) zu erkennen sind. Auffällig ist hier die starke Strukturierung der Sedimentoberfläche durch Eisfurchen bei einer Wassertiefe >245m. Durch viele Eisfurchenereignisse scheint S2 überwiegend homogenisiert worden zu sein. Die unzerfurchte ca. 1m mächtige Deckschicht scheint eine schon seit längerer Zeit eingetretene Phase ohne Eisfurchenereignisse widerzuspiegeln. Dies zeigt, daß in dieser Region in so großen Wassertiefen kein rezentes Furchen möglich ist. Durch eine gewisse Ähnlichkeit zur westlichen Region der Laptevsee, in der packeisfreie Bedingungen für das letzte Glazial angegeben werden (Weiel, 1997, unveröffentlicht) und somit zu dieser Zeit auch eine Durchfurchung durch Eisberge möglich war, und der heutigen eher dezentralen Lage der westlichen Vilkitsky-Straße vom rezenten Eisbergliefergebiet auf Severnaya Zemlya (siehe Kapitel 1.10.5), können in diesen beiden Regionen die Furchen während der Zeit vor der letzten Transgression entstanden sein, als der Meeresspiegel ca. 120m tiefer als der heutige Meeresspiegel lag (Fairbanks, 1989).

4.2 Ausgewählte Karteninhalte

4.2.1 Absolute Anzahl der Eisfurchen

Wie in Karte I zu sehen, findet man über den gesamten Laptevseeschelf verteilt Regionen mit einer starken Häufung von Eisfurchen in bestimmten Wassertiefen. Die Eisfurchenhäufigkeit einer Region ist abhängig von der Beziehung zwischen Eisbergdimensionen und Wassertiefe, Rate der Eisbergproduktion und der Driftroute. Bereiche ohne Eisfurchen kommen zum Beispiel in Driftrichtung der Eisberge auf Leeseiten von Untiefen vor (Dowdeswell et al., 1993). Betrachtet man die Häufungen von Eisfurchen in den unterschiedlichen Regionen der Laptevsee, so stellt man entlang von Severnaya Zemlya von Nordwesten nach Südosten eine abnehmende Wassertiefe fest, in der die Häufigkeitsmaxima der Eisfurchen gefunden wurden, so daß eine Driftrichtung von Nordwest nach Südost nachvollziehbar ist. Im übrigen Schelfbereich ist dieser Gradient nicht mehr ohne weiteres nachvollziehbar. Da Eisfurchen nur dann entstehen können, wenn Eisberge am Meeresboden auflaufen, kann man anhand der Isobathenverläufe weitere Aussagen über

Driftrichtungen machen. Die Vilkitsky-Khatanga-Rinne in Südrichtung passierenden Eisberge sind wahrscheinlich für die Häufung nordöstlich der Taymyr Halbinsel verantwortlich. Die Häufung östlich der Taymyr Halbinsel kann nur durch auflaufende Eisberge entstanden sein, welche die Anabar-Khatanga-Rinne in südwestliche Richtung passierten. Welche Driftrichtung für die Häufung der Eisfurchen nördlich von Kotelnyy verantwortlich ist, ist in Karte I nicht auszumachen.

4.2.2 Relative Durchfurchung des Sedimentes

Die relative Durchfurchung des Sedimentes soll eine Aussage über die Intensität einer Überprägung des Meeresbodens durch aufgelaufene Eisberge geben. Dowdeswell et al. (1993) unterschied für ein Untersuchungsgebiet in Ostgrönland drei verschiedene Stufen der Intensität der Durchfurchung:

- hohe Intensität (in geringerer Wassertiefe):
 - durch starke Durchfurchung kaum erkennbarer Reflexionshorizont des Meeresbodens mit unregelmäßigen und unstetigen Verlauf
 - diffuses Reflexionssignal des Untergrundes
 - das Parasoundsystem kann nicht mehr die abrupten Wechsel der Morphologie auflösen
 - flache oder ungestörte Bereiche fehlen
- mittlere Intensität (in mittlerer Wassertiefe):
 - einzelne Eisfurchen haben eine mehr zugerundete Form
 - Meeresboden hat auch undurchfurchte Bereiche
- geringe Intensität (Wassertiefe bis zur tiefsten Eisfurchen):
 - es sind nur noch einzelne Eisfurchen auszumachen
 - diffus reflektierender Untergrund geht zurück und verschwindet

Im Gegensatz zur Einstufung von Dowdeswell et al. (1993) ist in Karte II die Intensität der Überprägung des Meeresbodens wertungsfrei durch das Verhältnis von durchfurchtem Meeresboden zu undurchfurchtem Meeresboden dargestellt. Hier werden wiederum die Auflaufgebiete entlang der Schelfkante im Nordwesten und an der Südflanke der Vilkitsky-Khatanga-Rinne wiedergegeben. Auch das Auflaufgebiet östlich der Taymyr Halbinsel wird deutlich wiedergegeben. Mit Hilfe der Kartendarstellung erkennt man, daß auch in Gebieten mit geringeren Eisfurchenanzahlen eine intensive Überprägung durch Eisberge möglich ist, deutlich zu sehen an den höheren Werten mit über 40% in Wassertiefen >200m im nordöstlichen Bereich der Laptevsee. Auch in der Vilkitsky-Straße ist eine stär-

kere Überprägung ersichtlich. Diese intensive Überprägung in größerer Wassertiefe könnte von großen Eisbergen stammen, die mit Beendigung der letzten Eiszeit vermehrt freigesetzt wurden (Blanchon & Shaw, 1995). Die am tiefsten gelegene Eisfurche, die in den zu bearbeitenden Datensatz aufgenommen wurde, befindet sich in der nordöstlichen Laptevsee in einer Wassertiefe von 354,5m (siehe Kapitel 3.2, Abb. 20). Geht man davon aus, daß diese Furche schon vor der letzten Transgression entstand (siehe Kapitel 4.1.7), als der Meeresspiegel ca. 120m tiefer lag (Fairbanks, 1989), so bedeutet dies, daß die Furche bei in einer damaligen Wassertiefe von ca. 235m entstanden sein könnte. Da in der Nähe des heutigen Liefergebietes rezente Furchen in dieser Tiefe vorstellbar sind (siehe Kapitel 1.10.5) kann man davon ausgehen, daß die Vergletscherung des letzten Glazials in der Region der Laptevsee nicht besonders ausgeprägt war. Dies würde der Annahme von Dunayev & Pavlidis (1988) und Weiel (1997, unveröffentlicht) entsprechen, daß sich das letzte Hochglazial (Stadium 2) im Bereich der Laptevsee in Form einer Gebirgsvergletscherung äußerte (siehe Kapitel 1.10.1). Auf dem südlichen Yermak Plateau (nordwestlich von Spitzbergen) wurden bis in eine heutige Wassertiefe von 850m Oberflächenmuster als pleistozäne Eisfurchen gedeutet, die Zeugnisse von wesentlich mächtigeren Eisschilden im arktischen Raum darstellen (Vogt et al., 1994).

4.2.3 Eisfurchenbreite

Die Intensität der Überprägung des Meeresbodens wird auch durch die durchschnittliche Eisfurchenbreite wiedergespiegelt. Auch in Karte III können die Auflaufgebiete in der nordwestlichen Laptevsee und nördlich der Taymyr Halbinsel wiedergefunden werden. Das deutet darauf hin, daß in Gebieten in denen vermehrt Eisberge auflaufen auch vermehrt breitere Furchen entstehen, die besonders tiefgründige und breite Furchen ziehen. Die Auflaufgebiete müßten dann auch in einer Häufung von besonders tiefgründigen Eisfurchen wiedergegeben werden.

In der Beaufortsee wurden bei einer flächenhaften Untersuchung eines Gebietes maximale Eisfurchenbreiten von ca. 70m gefunden (Barnes et al., 1984). Die maximale Breite, die durch das Parasoundsystem in der Laptevsee aufgezeichnet wurde, beträgt das Zehnfache und muß als parasoundsystembedingte Überschätzung der realen Furchenbreite gewertet werden (siehe Kapitel 2.6.3.5).

Mit Hilfe von Seitenecholotdaten, die eine flächenhafte Aufsicht des Meeresgrundes wiedergeben, wurden in der Beaufortsee vorwiegend küsten- und isobathenparallele Eisfurchenorientierungen gefunden (Barnes et al., 1984; Rearic et al., 1990). In der Laptevsee wurde anhand von Seitenecholotdaten, die während der Expedition "Transdrift I" (1993) mit der "Ivan Kireev" erstellt wurden, keine dominante Orientierung der Eisfurchen ermit-

telt (Lindemann et al., 1995). Bei Betrachtung der unterschiedlichen Fahrtrichtungen in Kombination mit unterschiedlichen durchschnittlichen Eisfurchenbreiten entlang der Fahrtabschnitte der Expeditionen ARK-IX/4 (1993) und ARK-XI/1 (1995) nordwest- bis nördlich von Kotelnyy scheint eine dominante Orientierung der Eisfurchen erkennbar zu sein.

Nördlich von Kotelnyy sind die Eisfurchenbreiten in Nord-Süd Richtung sehr gering, in West-Ost Richtung jedoch sehr hoch. Daraus kann geschlossen werden, daß die Eisfurchen eine Hauptdriftrichtung Richtung West-Ost wiedergeben und so bei der linienhaften Erfassung des Parasoundsystems der Eindruck entsteht, daß in West-Ost Richtung vorwiegend breite Spuren von Eisbergen hinterlassen worden sind und in Nord-Süd Richtung vorwiegend schmale.

4.2.4 Maximale Einkerbttiefe / Einkerbttiefenklassen

In den Karten IV-V/c werden durch die maximale Einkerbttiefe und die prozentualen Anteile der Einkerbttiefenklassen >2m, wie in Kapitel 4.2.3 vermutet, wiederum die als Auf-
laufgebiete interpretierten Bereiche im NW, NO, nördlich und östlich der Taymyr Halbinsel und nordwestlich vor Kotelnyy deutlich wiedergegeben. Die tieferen Eisfurchen im Bereich der Anabar-Khatanga-Rinne verdeutlichen, daß die Untergrundbeschaffenheit ein mitbeeinflussender Faktor für die Eisfurchentiefe ist. In Abb. 24 wird eine untergrundabhängige Furchentiefe deutlich und wird in Kapitel 4.1.3 erläutert.

Die geringe Furchentiefe im Bereich der östlichen Lena-Rinne scheint, wie in Kapitel 4.1.4 besprochen, die tonreichere Zusammensetzung des durchfurchten Sedimentes und somit eine geringe Resistenz gegen Einebnung der Furchen widerzuspiegeln.

4.2.5 Eisfurchen unterschiedlicher Morphologie

Der in Karte VI/a beschriebene erhöhte Anteil an Eisfurchen geringer Reliefenergie im Bereich der nordöstlichen Laptevsee, in Teilen der Vilkitsky-Straße und in den tieferen Bereichen am östlichen Schelfrand von Severnaya Zemlya, scheint die Dominanz von älteren Eisfurchen in diesem Gebiet widerzuspiegeln. Die Vilkitsky-Straße wird für das letzte Glazial als eisfrei mit fjordähnlichen Bedingungen angegeben (Dunayev & Pavlidis, 1988; Weiel, 1997, unveröffentlicht), so daß dort Furchen aus dem letzten Glazial erhalten sein könnten. Für die NO-Region der Laptevsee wurde anhand der Wassertiefe und einer ca. 1m mächtigen undurchfurchten Schicht oberhalb der gedeuteten Eisfurchen, wie in Abb. 22 zu sehen ist, eine frühe Entstehungsphase der Furchen gedeutet (siehe Kapitel 4.1.7). In

den tieferen Bereichen der NW-Region wurde ebenfalls eine Sedimentschicht über den gefundenen Eisfurchen erkannt, so daß auch für diese Bereiche der NW-Region eine frühe Entstehungsphase der Furchen gedeutet werden kann. Die geringe Reliefenergie im östlichen Lena-Rinnen-Bereich ist vermutlich auf den in Kapitel 4.1.4 beschriebenen hohen Tonanteil im Sediment zurückzuführen. Die Dominanz der Eisfurchen geringer und mittlerer Energie in der übrigen südlichen und zentralen Laptevsee, wie man in Karte VI/a und Karte VI/b erkennen kann, ist aber auch durch deren Furchengröße an der Grenze der Auflösbarkeit des Parasoundsystems zu erklären, die keine eindeutige Einstufung der Eisfurchen in einen bestimmten Furchentyp erlaubt. Die in Karte VI/c zu erkennenden Häufungen der Eisfurchen mit hoher Reliefenergie geben größtenteils die Auflaufgebiete im NW, SW der Laptevsee und nordwestlich bis nördlich von Kotelnyy wieder und könnten rezente Eisfurchen darstellen. Diese Eisfurchen besitzen eine ähnliche Morphologie, wie die bei Dowdeswell et al. (1993) abgebildeten Eisfurchen, die zum Durchfurchungstyp "hohe Furchenintensität" gehören. Diesen Durchfurchungstyp ordnen Dowdeswell et al. (1993) rezent auflaufenden Eisbergen zu, so daß man die in der Laptevsee dem Furchentyp "hohe Reliefenergie" zugeteilten Furchen als rezent annehmen kann.

4.3 Charakterisierung der Regionen

4.3.1 Regionale Verteilung der Wassertiefe

In Abb. 34 (siehe Kapitel 3.6.1) muß bei der Angabe der maximalen Wassertiefe beachtet werden, daß sich die Tiefenangaben auf die 5km langen Untersuchungsabschnitte beziehen. In den zu untersuchenden Parasoundschrieben wurden Eisfurchen meist nur bis in unmittelbarer Nähe zur Schelfkante gefunden. Bei Untersuchungsabschnitten, die über die Schelfkante hinaus verlaufen sind daher größere Abweichungen der angegebenen maximalen Wassertiefe zur tiefsten gefundenen Eisfurche zu erwarten.

Betrachtet man den Median in Kombination mit der mittleren Wassertiefe, kann man Aussagen über die Wassertiefenverteilung der jeweiligen Datensätze treffen. Stimmen die Werte des Medians und die mittlere Wassertiefe überein, so sind die Wassertiefen in der jeweiligen Region sehr homogen verteilt, oder weichen die jeweiligen Extremwerte gleichstark von der mittleren Wassertiefe ab. Diese Bedingung erkennt man zum Beispiel in der SO-, SW-, O- und in der S-Region. Betrachtet man zusätzlich noch die Standardabweichung, so erkennt man, daß diese Regionen ausgesprochen reliefarm sind. In der NO-Region hingegen erkennt man anhand der Standardabweichung trotz relativ geringer Abweichung zwischen Median und mittlerer Wassertiefe, daß das Gebiet morphologisch stärker gegliedert ist. Ist der Wert des Medians geringer als die mittlere Wassertiefe, so findet man

in der Region vorwiegend geringere Wassertiefen, mit einigen "Ausreißern" größerer Wassertiefen, wie zum Beispiel Grabenstrukturen oder der Schelfrand. Beispiele dafür sind die NW- und die W-Region. Ist der Median höher als die mittlere Wassertiefe, so ist das ein Anzeichen für einige aus der Reihe fallende Werte durch Untiefen. Andeutungsweise ist dies in der O-Region zu erkennen. Zieht man nun noch die Standardabweichung hinzu, so kann man Aussagen über die Schwankung (→morphologische Gliederung) um die mittlere Wassertiefe machen. In Abb. 34 ist zu erkennen, daß in der S-, SO- und in der O-Region nur sehr geringe Abweichungen zur mittleren Wassertiefe zu verzeichnen sind, und daß die größten Abweichungen in der NW- und in der NO-Region zu finden sind. Die S-, SO- und O-Region sind daher als reine Flachwassergebiete mit einem morphologisch nur sehr schwach gegliederten Relief zu betrachten. Die SW-Region ist trotz großer maximalen Wassertiefe aufgrund der durchschnittlichen Wassertiefe auch zur Flachwasserregion zu zählen. Die übrigen Regionen zählen eher zu tieferen und stärker gegliederten Gebieten der Laptevsee. Laut Reimnitz & Kempema (1988) haben Untiefen einen großen Effekt auf Eisfurchenhäufigkeit und Dowdeswell et al. (1993) geben einen tiefenabhängigen Furchentypus an. Je nach Charakteristik der Region könnten daher unterschiedliche Eisfurchencharakteristika und Verteilungen auftreten.

4.3.2 Regionale Verteilung der Eisfurchen in Bezug zur Wassertiefe

Die in Abb. 35 aufgeführten Angaben über die maximale Tiefe, in der eine Eisfurche gefunden wurde, sind in der S-, SO- und O-Region nahezu identisch mit der maximalen Wassertiefe in Abb. 34. In diesen Regionen wurden also Eisfurchen bis zu den maximalen Wassertiefen der Region gefunden. In den übrigen Regionen sind die Abweichungen mit Werten von 27-142m zum Teil erheblich. In diesen Regionen ragt der äußerste Untersuchungsabschnitt über die Schelfkante hinaus und enthält Tiefen, in denen keine Eisberge aufliefen.

Die Angaben über die minimale Wassertiefe in einem Gebiet decken sich gut mit der Angabe über die geringste Wassertiefe in der eine Eisfurche im Parasoundschrieb erkannt wurde. Dies verdeutlicht, daß das Arbeitsgebiet keine Flachwasserbereiche enthält, in denen keine Eisfurchen mehr entstehen, oder Eisfurchen durch Wellentätigkeit kurz nach Entstehung wieder eingeebnet werden (Benthien, 1994, unveröffentlicht; Reimnitz, 1994). Das Häufigkeitsmaximum der gefundenen Eisfurchen befindet sich in dieser Studie meist in der geringsten Wassertiefe, in der eine Eisfurche gefunden wurde. Dies deckt sich mit der Aussage von Dowdeswell et al. (1993), die Eisbergfurchen in Grönland untersuchten und ebenfalls eine wassertiefenabhängige Überprägung des Untergrundes feststellten. Eine Sonderstellung diesbezüglich nimmt die NO-Region ein. Dort wurden die meisten Eisfur-

chen in sehr großen Tiefen gefunden. Allerdings ist in der NO-Region kein ausgeprägtes Maximum auszumachen (siehe Kapitel 3.6.2). Diese Sonderstellung der NO-Region verdeutlicht, daß dort keine rezenten Eisfurchen dominieren.

4.3.3 Anzahl der Furchen in Abhängigkeit von der Wassertiefe

Betrachtet man die Häufigkeitsverteilung der Eisfurchen in Abhängigkeit von der Wassertiefe (siehe Abb. 36), so fallen verschiedene Verteilungsmuster auf. In der NW-Region ist eine logarithmische Verteilung auszumachen. Dies scheint ein allgemeines Verhältnis zwischen Größe und Häufigkeit von Eisbergen wiederzugeben. Lewis (1977) fand in der Beaufortsee ebenfalls eine logarithmische Beziehung zwischen Größe und Häufigkeit von treibendem Meereis heraus. In der SW- und der SO-Region findet man diese Verteilung ansatzweise wieder. Diese Regionen scheinen einen Teilbereich aus der logarithmischen Verteilungskurve der NW-Region zu enthalten. Die O-Region besitzt nur einen sehr geringen Wassertiefenbereich (ca. 40-60m, siehe Abb. 35), sie könnte daher einem Teilbereich der Verteilungskurve zwischen 40 und 60m Wassertiefe der NW-Region entsprechen. In Abb. 41 sind daher zum Vergleich die Regionen in der gleichen Skalierung übereinander dargestellt. Man erkennt dort, daß die verschiedenen Regionen Teilbereiche der logarithmischen Funktion unterhalb der Verteilungskurve der NW-Region darstellen. In geringen Wassertiefen sind in der NW-Region nicht so viele Eisfurchen gefunden worden wie in einigen anderen Regionen. Eine Erklärung dafür könnte zum Beispiel der zunehmende Zerfall von Eisbergen mit der Entfernung zum Liefergebiet sein. So würden aus einem großen Eisberg, nachdem er zerbrochen ist, mehrere kleine Eisberge entstehen. In Regionen die weiter vom Liefergebiet entfernt sind müßte durch Vorsortierung der Eisberggrößen steilere wassertiefenabhängige Kurven als distaler Effekt zu erkennen sein. Bei Betrachtung von Abb. 36 wäre solch eine zunehmende Entfernung der SW-, SO- und O-Region von der NW-Region nachvollziehbar. Als proximalen Effekt könnte man die selten gefundenen Furchen in der S- und in der W-Region deuten. Wie in Abb. 36 zu sehen, stellt die Verteilung der Datenpunkte in der NO-Region einen Sonderfall dar. Sie folgen nicht dem Verteilungsmuster der NW-Region. Sie sind diffus ohne erkennbares Abhängigkeitsverhältnis über die verschiedenen Wassertiefen verteilt und erklären den in Abb. 35 dargestellten Streubereich um das Häufigkeitsmaximum der Eisfurchen. In großen Wassertiefen sind in der NO-Region sogar häufiger Eisfurchen zu finden als in der NW-Region. Dies bekräftigt wiederum die Annahme, daß die dort gefundenen Eisfurchen in einer früheren Zeit entstanden, als der Meeresspiegel noch ca. 120 Meter tiefer lag (Fairbanks, 1989). Versetzt man die Datenpunkte der NO-Region um 120m in geringere Wassertiefen, so befinden sich die Datenpunkte unter den Werten der NW-Region. Da in der Häufigkeitsverteilung alle

gefundenen Eisfurchen dargestellt sind, ist interessant, warum in der NW-Region in großen Wassertiefen nicht mehr Eisfurchen gefunden worden sind, als in der NO-Region. Eine Erklärung wäre zum Beispiel eine so starke Vergletscherung von Severnaya Zemlya, daß die Eiskappe bei Severnaya Zemlya soweit über die Schelfkante reichte, daß dort keine Eisfurchen entstehen konnten. Die W-Region enthält zu wenige Datenpunkte, um Aussagen über ein Abhängigkeitsverhältnis machen zu können. In der S-Region können wegen der wenigen gefundenen Eisfurchen ebenfalls keine charakteristische Abhängigkeitsverhältnisse gedeutet werden. Das verdeutlicht, daß diese beiden Regionen von der Hauptdriftrichtung der Eisberge abweichen und so nur wenig überprägt werden.

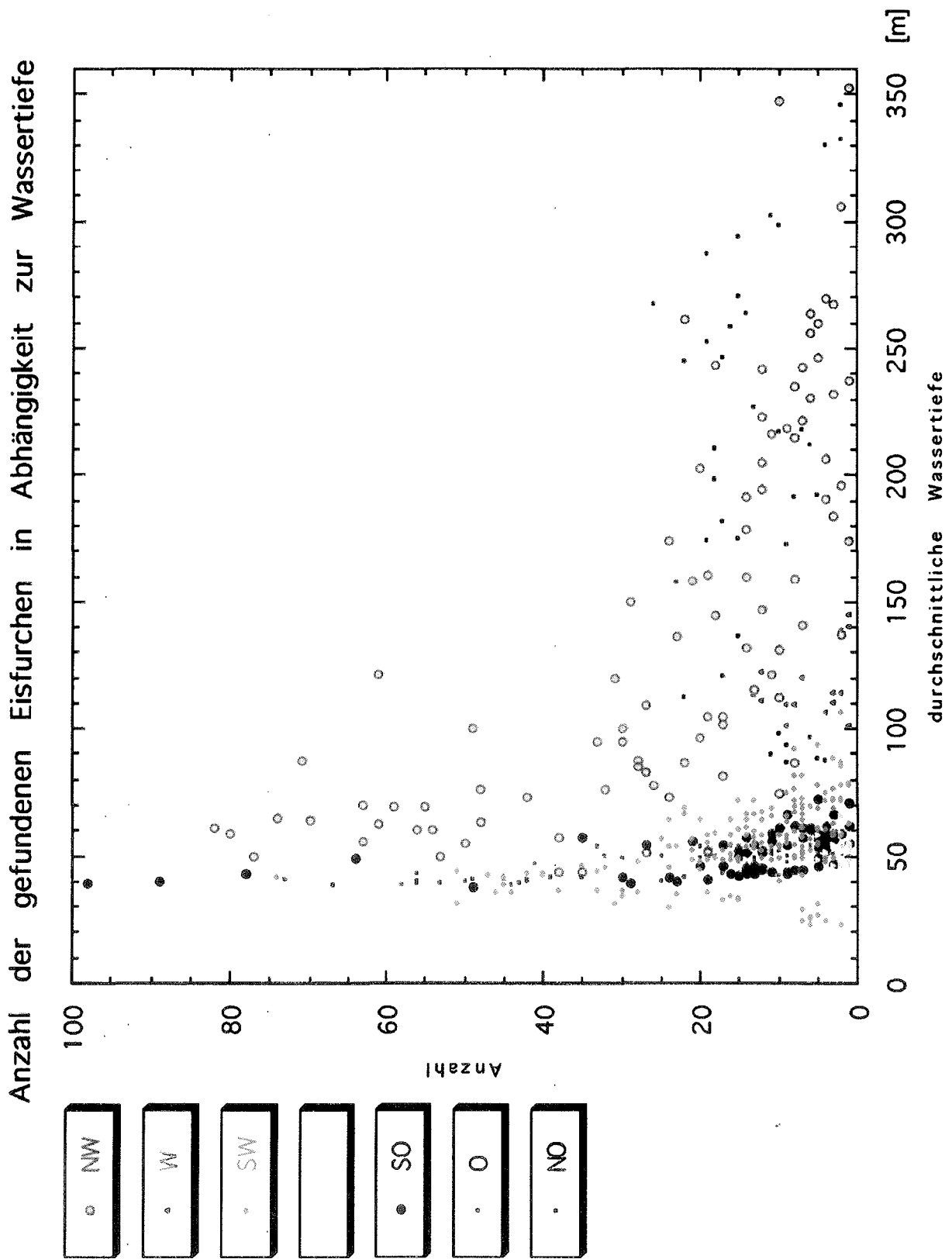


Abb. 41: Anzahl der gefundenen Eisfurchen in Abhängigkeit zur Wassertiefe

4.3.4 Regionale Verteilung der maximalen Einkerbttiefen

Die in Abb. 37 aufgeführten maximalen Einkerbttiefen zwischen 8 und 9m in der W-, SW-, SO- und in der NO-Region spiegeln Eisfurchen wider, die durch besonders große Eisberge und in einem morphologisch stark gegliederten Gebiet entstanden sein müssen. Durch den Anteil des Eisberges, der sich über der Meeresoberfläche befindet (Segelfläche), bietet ein größerer Eisberg, der durch Wind und Meeresströmungen beeinflusst wird, auch eine stärkere Angriffsfläche gegenüber herrschenden Winden und kann eine höhere kinetische Energie aufnehmen (Barnes et al., 1984). Auf vielen Parasoundprofilen ist zu erkennen, daß die intensivste und tiefgründigste Durchfurchung des Untergrundes bei Untiefen zu finden ist. Das bestätigt die Angabe von Reimnitz & Kempema (1988), daß Untiefen einen großen Effekt auf Eisfurchenhäufigkeit haben. Die NW-Region ist, wie man in Abb. 21 deutlich erkennen kann, ein intensiv durchfurchtes Auflaufgebiet, dennoch ist die maximale Einkerbttiefe vergleichsweise geringer als in den oben erwähnten Gebieten. Diese Tatsache läßt sich durch den dortigen Diamikt im Untergrund erklären, der ein tiefgründiges Eindringen der Eisberge in den Untergrund verhindert (Weiel, 1997, unveröffentlicht). Mit einem Median von 2,3m sind in der NW-Region die zweittiefsten Einkerbttiefen in der Laptevsee zu finden. Damit wird deutlich, daß die NW-Region ein bevorzugtes Auflaufgebiet für Eisberge ist. Mit dem 4,1m deutlich höheren Median nimmt die NO-Region eine Sonderstellung ein. Das könnte andeuten, daß zur Zeit, als die Furchen in der NO-Region entstanden, andere Klimabedingungen geherrscht haben als heute, so daß entweder besonders große Eisberge dort auflaufen konnten oder der Untergrund durch eine stärkere Eisbergdrift besonders intensiv durchfurcht wurde.

In der S- und O-Region überwiegen nur geringe Einkerbttiefen. Gründe für den geringen Median der Einkerbttiefe von 0,5m bzw. 0,6m der S- bzw. O-Region scheint eine äußerst schwach ausgeprägte Morphologie des Schelfes mit einer resultierenden flachgründigen Durchfurchung und ein oberflächennah anstehender submariner Permafrost in geringen Wassertiefen zu sein. Für die S-Region scheint teilweise eine geringe Einebnungsresistenz durch tonige Sedimentbeschaffenheit (siehe Kapitel 4.1.4) ein weiterer Grund für die Flachgründigkeit der gefundenen Furchen zu sein.

4.3.5 Regionale Verteilung der Einkerbttiefenklassen

In Abb. 38 werden die Besonderheiten der unterschiedlichen Regionen weiter verdeutlicht. Das Fehlen der Klasse "Einkerbttiefe >5m" in der S- und O-Region unterstützt die Annahme eines härteren Untergrundes. Dies gilt besonders für die O-Region, in der auch die Klasse "Einkerbttiefe >2-5m" mit weniger als 1% vertreten ist. Der geringe Anteil der

Klasse "Einkerbtiefe >5m" in der NW-Region ist wiederum auf den von Weiel (1997, unveröffentlicht) für diese Region erwähnten Diamikt im Untergrund zurückzuführen. Die W- und die NO-Region besitzen den höchsten Anteil an Eisfurchen mit Einkerbtiefen >2m, insbesondere die NO-Region, in der fast 1/4 der Eisfurchen tiefgründiger als 2m sind. Dies unterstützt die Annahme einer früheren Entstehungszeit der Eisfurchen in den Gebieten mit anderen Klimabedingungen, die besonders tiefgründige Eisfurchen zur Folge hatten, wie zum Beispiel eine stärkere Eisbergdrift oder größere Eisberge.

4.3.6 Regionale Verteilung der Eisfurchenmorphologie

In Abb. 39 erkennt man, daß die NO-Region, in der keine Eisfurchen mit eindeutig hoher Reliefenergie gefunden worden sind, im Vergleich zu den übrigen Regionen eine Sonderstellung einnimmt. Dies unterstreicht wiederum die Vermutung, daß die Eisfurchen in der NO-Region besonders alt sind. Durch einen nur geringen Anteil an Eisfurchen mit hoher Reliefenergie können am ehesten noch die W- und die S-Region mit der NO-Region verglichen werden. In der S-Region ist der geringe Anteil an Eisfurchen mit hoher Reliefenergie durch den hohen Sedimenteintrag in der östlichen Lena-Rinne zu erklären (Kuptsov & Lisitsin, 1996; Lindemann, 1995; Romanovskii et al., 1998). Die W-Region könnte auch eher ältere Eisfurchen enthalten. Dies würde auch zu der Annahme passen, daß in der Vilkitsky-Straße zur Zeit des letzten Glazials fjordartige Bedingungen herrschten (Weiel, 1997, unveröffentlicht).

Das Gebiet mit den höchsten prozentualen Anteilen an Eisfurchen hoher Reliefenergie ist die SO-Region und läßt vermuten, daß diese Region ein aktuelles Auflaufgebiet von Eisbergen ist. Am ehesten könnten noch durch den größeren Anteil des Furchentyps "hohe Reliefenergie" die SW- und der NW-Region mit der SO-Region verglichen werden, so daß auch für diese Regionen rezente Auflaufgebiete wahrscheinlich sind. In der O-Region ist kein dominanter Furchentyp auszumachen, da die Eisfurchen durch ihre Größe am Rande der Auflösbarkeit nur eine sehr unsichere Einstufung erlaubten.

4.3.7 Sedimentumlagerung in den unterschiedlichen Regionen

Den hohen Wert der Sedimentumlagerung, den die NO-Region in Abb. 40 einnimmt, bekräftigt erneut die Annahme, daß die Eisfurchen in der NO-Region eine andere Entstehungsgeschichte besitzen als die Eisfurchen in den übrigen Regionen. Hier scheinen besonders große Eisberge zur Entstehung der Eisfurchen beigetragen zu haben, die möglicherweise beim Rückzug der pleistozänen Vergletscherungsgebiete gekalbt sind. Die tief-

sten Eisfurchenrelikte im arktischen Ozean wurden in 450-850m heutiger Wassertiefe entdeckt (Vogt et al., 1994). Der besonders geringe Wert der Sedimentumlagerung in der S-Region zeigt, daß diese Region nur sehr gering durch Eisberge überprägt wird und spiegelt gut die Eigenheit dieser Region wider, daß kaum Eisfurchen zu finden sind. Dies könnte als Effekt der dezentralen Lage von der Hauptdriftroute der Eisberge gedeutet werden. Der höhere Wert der Sedimentumlagerung in der O-Region gegenüber der S-Region ist mit einer günstigeren Lage zur Hauptdriftroute der Eisberge zu begründen, da die beiden Regionen ansonsten ähnliche Bedingungen aufweisen. Die übrigen Regionen geben eher mittlere Werte der Sedimentumlagerung wieder. Betrachtet man die für rezente Eisberge interpretierten Auflaufgebiete NW-, SW-, und SO-Region, so fällt auf, daß der Grad der Sedimentumlagerung von NW nach SO abnimmt. Dies könnte die Entfernung zum heutigen Eisbergliefergebiet Severnaya Zemlya widerspiegeln.

5 Schlußbetrachtung

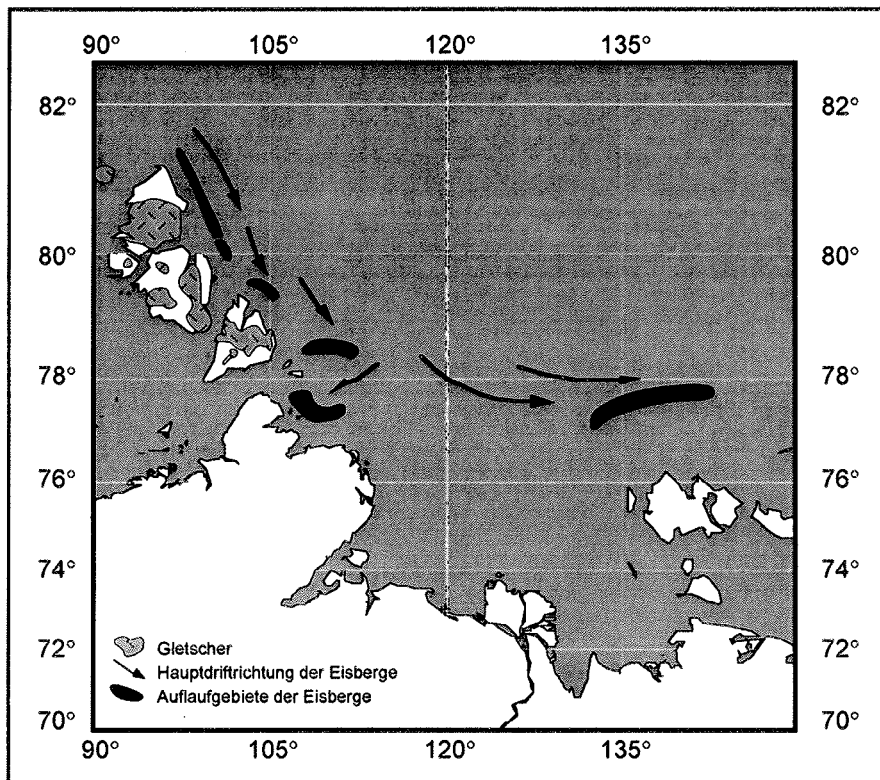


Abb. 42: Hauptdriftrichtung und Auflaufgebiete der Eisberge in der Laptevsee

Mit Hilfe von Parasounddaten können Permafrostgrenzen ausgemacht werden, die in Abhängigkeit zur Wassertiefe unterschiedlich meeresbodenoberflächennah verlaufen. Der Auftauungsprozeß des relikten Permafrostbodens ist dadurch nachvollziehbar. Anhand von Parasounddaten können Eisfurchen erkannt und klassifiziert werden. Eisfurchen rezenter Eisberge geben die vorherrschende Driftrichtung eines südlichen Ausläufers der arktischen Oberflächenströmung wieder und lassen in der nordwestlichen Laptevsee eine logarithmische Beziehung zwischen Größe und Häufigkeit von Eisbergen erkennen. Die Oberflächenströmung hat verschiedene Auflaufgebiete für Eisberge zur Folge (Abb. 42). Sie verläuft entlang der östlichen Schelfkante vor Severnaya Zemlya in südöstlicher Richtung mit resultierenden starken Auflaufgebieten am unterschiedlich stark vorgelagerten Schelf der nordwestlichen Laptevsee. Während der Arktisexpedition ARK-IX/4 (1993) konnten aufgelaufene Eisberge vor Malyj Taymyr gesichtet werden. Ein weiterer "Eisbergfriedhof" befindet sich vor der Taymyr Halbinsel, am zurückverlagerten Schelf vor der Vilkitsky-Khatanga-Rinne. Es ist anzunehmen, daß größere Eisberge durch die Vilkitsky-Khatanga-Rinne in südwestliche Richtung getrieben werden und dort in flacheren Gebieten auflau-

fen. Bei südöstlicher Driftrichtung wäre ein dortiges Auflaufen nicht möglich, da die Eisberge so in der nördlich gelegenen Untiefe vor Malyj Taymyr auflaufen würden. Ein drittes großes Auflaufgebiet befindet sich nordwestlich vor den Neusibirischen Inseln. Hier spiegelt sich die südöstliche Driftrichtung der Eisberge nicht nur in den besonders großen Einkerbtiefen am nordwestlich exponierten Schelfrand wieder sie ist auch mit Hilfe des Winkels zwischen der Fahrtrichtung des Schiffes und Furchenorientierung anhand resultierender Aufzeichnungsverzerrungen zu erkennen. Bei der Betrachtung der Wassertiefe in Verbindung mit der Menge der gefundenen Eisfurchen wurde eine logarithmische Beziehung festgestellt, die die Tatsache wiedergibt, daß meistens kleine Eisberge von Gletschern kalben und nur selten große.

Über das absolute Alter der gefundenen Eisfurchen kann durch die alleinige Analyse von Parasoundprofilen keine genaue Aussage gemacht werden. Eine weiterführende Arbeit mit einer gezielten Sedimentprobennahme innerhalb von Eisbergfurchen zur genauen Datierung und zur genauen Bestimmung der Eisbergliefergebiete ist sinnvoll. In der W- und in der NO-Region könnte dies einen Aufschluß über relikte Eisbergdrift in der Laptevsee geben. Mit Hilfe der Parasoundprofilauswertung bezüglich Beobachtungen über Einebnungserscheinungen und Sedimentüberdeckung kann man folgende altersbezogene Aussage über Eisfurchen in der Laptevsee machen: Bis auf wenige Ausnahmen bleiben einmal entstandene Eisfurchen im gesamten Gebiet der Laptevsee lange erhalten und zeugen von aufgelaufenen Eisbergen seit dem frühen Holozän. In der NO-, W- und in der NW-Region konnten auch Spuren von älteren Eisfurchen gefunden werden. Anhand der Auswertung der Parasoundprofile wurde kein vermehrtes Auftreten von Eisfurchen in jüngerer Zeit ersichtlich. Die Ergebnisse der Auswertung ließen auch keine Rückschlüsse auf jüngste Klimafluktuationen zu.

6 Danksagung

Ich danke Herrn Prof. Dr. Dieter Klaus von den Geographischen Instituten der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn, der mir die Durchführung meiner Diplomarbeit am Alfred-Wegener-Institut ermöglichte.

Ein großer Dank gilt den Betreuern meiner Diplomarbeit vom Alfred-Wegener-Institut, Herrn Dr. Frank Niessen und Herrn Priv. Doz. Dr. Rüdiger Stein, die mir die Anregung für dieses Thema der Diplomarbeit gaben. Sie erlaubte mir einen detaillierten Einblick in den faszinierenden Bereich der Arktis und der Laptevsee.

Herrn Prof. Dr. Dieter K. Fütterer vom Alfred-Wegener-Institut danke ich für die großzügige Bereitstellung eines optimalen Arbeitsplatzes, der meinen Vorstellungen weit übertraf. Die vielfältigen Nutzungsmöglichkeiten des reichhaltig ausgestatteten Institutes, wie Bibliothek, Computernetzwerk, einen eigenen modernen Computer mit entsprechender Software, einen DinA0 Drucker für den Ausdruck der erstellten Karten, etc. machten die Erstellung der Diplomarbeit in dieser Form erst möglich.

Herrn Dr. Frank Niessen danke ich weiterhin für seine Diskussionsbereitschaft, konstruktive Kritik und freundschaftliche Beratung, wann immer es ihm möglich war.

Bei Herrn Priv. Doz. Dr. Rüdiger Stein und allen übrigen der Arktisgruppe bedanke ich mich für Ihre herzliche Aufnahme. Sie waren eine tolle fachliche Unterstützung und teilten auch so manche Freizeitstunde mit mir. Einen besonderen Dank an meine Büronachbarn H.P. Kleiber, F. Schoster, C. Müller und B. Boucsein.

Aber auch viele andere standen mir mit Rat und Tat beiseite. Besonders zu erwähnen: C.-D. Hillenbrand, S. Schumacher, A. Nimmergut und B. Censarek, deren kritischen Anmerkungen sehr bei meinen Korrekturarbeiten halfen.

7 Abbildungsverzeichnis

Abbildungen	Seite
Abb. 1: Fahrtabschnitte im Bereich der Laptevsee während der Expeditionen ARK-IX/4 (1993) und ARK-XI/1 (1995) des AWI und verwendete Fahrtabschnitte der Expedition der BGR (1994)	2
Abb. 2: Eisdrift im Arktischen Ozean (verändert nach Gordienko & Laktonov, 1969)	4
Abb. 3: Schematische Darstellung zur Entstehung von Meereis (verändert nach: Dethleff, 1995, unveröffentlicht)	6
Abb. 4: Idealisierte vertikale Verteilung des submarinen Permafrostes (verändert nach Rogers & Morack, 1983)	10
Abb. 5: "Pockmarks" und Eisbergfurchen in der Barentssee über dem Snøhvit Gas-hydratfeld (aus: Hovland & Judd, 1988)	11
Abb. 6: Parasoundprofilausschnitt mit "Pockmarks" in der Barentssee (aus Mienert et al., 1998)	12
Abb. 7: Schematische Zeichnung zur Erläuterung des Verlustes des ausgesendeten Parasoundsignals bei einem Neigungswinkel des Meeresbodens $>2^\circ$	19
Abb. 8: Schematische Zeichnung zur Festlegung der mittleren Wassertiefe der Untersuchungsabschnitte	23
Abb. 9: Schematische Zeichnung zur Erläuterung der Begriffe einer Eisfurche	23
Abb. 10: Detail-Beispiele für den Furchentyp "geringe Reliefenergie"	24
Abb. 11: Detail-Beispiele für den Furchentyp "mittlere Reliefenergie"	24
Abb. 12: Detail-Beispiele für den Furchentyp "hohe Reliefenergie"	25
Abb. 13: Sonderfall einer jüngeren Eisfurche innerhalb einer älteren, mit resultierendem prozentualem Durchfurchungsanteil von über 100%	26
Abb. 14: Veranschaulichung des Unterschiedes zwischen realer Furchenbreite und aufgezeichneter Furchenbreite durch das Parasoundsystem	26
Abb. 15: Durch Eisfurchen überprägte ehemals konkordant zu den Untergrundstrukturen verlaufende Sedimentoberfläche (schematische Zeichnung)	30
Abb. 16: Durch Eisfurchen überprägte diskordant zu den Untergrundstrukturen verlaufende Sedimentoberfläche (schematische Zeichnung)	30
Abb. 17: Eisfurchen über Untergrund mit Faltenstrukturen (schematische Zeichnung)	31
Abb. 18: Eisfurchen auf höher gelegenen Bereichen des Meeresgrundes (schematische Zeichnung)	31
Abb. 19: Eisfurchen bei geringer lateraler Auflösung des Profils (schematische Zeichnung)	31
Abb. 20: Größte Wassertiefe mit Eisfurche	32

Abbildungen	Seite
Abb. 21: Parasoundauszug der Expedition ARK-XI/1 (1995) mit Darstellung des morphologisch stark gegliederten Schelfrandes östlich der Insel Komsolets	33
Abb. 22: Parasoundprofil der Expedition ARK-XI/1 (1995) im Bereich der Vilkitsky-Straße	34
Abb. 23: Parasoundauszug der Expedition ARK-XI/1 (1995) nordöstlich der Halbinsel Taymyr.	35
Abb. 24: Küstennaher Parasoundauszug der Expedition ARK-XI/1 (1995) östlich der Halbinsel Taymyr	36
Abb. 25: Küstenferner Parasoundauszug der Expedition ARK-IX/4 (1993) und ARK-XI/1 (1995) östlich der Halbinsel Taymyr	37
Abb. 26: Parasoundprofil der Expedition ARK-IX/4 (1993) aus der südlichen Laptevseeregion, 120km nördlich des Lenadeltas	38
Abb. 27: Parasoundprofil der Expedition ARK-XI/1 (1995) aus der südlichen Laptevseeregion im Bereich der östlichen Lena-Rinne	39
Abb. 28: Parasoundauszug der Expedition ARK-X/4 (1995) nordwestlich von Kotelnyy	40
Abb. 29: Parasoundauszug der Expedition ARK-XI/1 (1995) nördlich von Kotelnyy	41
Abb. 30: Parasoundprofil der Expedition ARK-XI/1 (1995) nördlich von Kotelnyy	42
Abb. 31: Streckenübereinstimmung der Expeditionen ARK-IX/4 (1993) und ARK-XI/1 (1995)	43
Abb. 32: Parasoundprofil der Expedition ARK-XI/1 (1995) in der O-Region, 190km nördlich von Kotelnyy	44
Abb. 33: Parasoundprofil der Expedition ARK-XI/1 (1995) im nordöstlichen Bereich der Laptevsee	45
Abb. 34: Diagramm über die Wassertiefenverteilung der verschiedenen Regionen in der Laptevsee	53
Abb. 35: Diagramm über die Eisfurchenverteilung der verschiedenen Regionen in der Laptevsee	54
Abb. 36: Diagramm über die Anzahl der gefundenen Eisfurchen in Abhängigkeit zur Wassertiefe	56
Abb. 37: Diagramm über die Verteilung der maximalen Einkerbtiefen der Untersuchungsabschnitte in den verschiedenen Regionen der Laptevsee	57
Abb. 38: Diagramm über die relative Verteilung der Einkerbtiefenklassen in den verschiedenen Regionen der Laptevsee	58
Abb. 39: Diagramm über den prozentualen Anteil der verschiedenen Furchentypen an Gesamtmenge der jeweiligen Region	59
Abb. 40: Diagramm über die durchschnittliche umgelagerte Profilfläche pro Kilometer in den verschiedenen Regionen in der Laptevsee	60
Abb. 41: Diagramm über die Anzahl der gefundenen Eisfurchen in Abhängigkeit zur Wassertiefe	76
Abb. 42: Hauptdriftrichtung und Auflaufgebiete der Eisberge in der Laptevsee.	80

8 Tabellenverzeichnis

Tabellen	Seite
Tab. 1: Temperatur- und Niederschlagswerte von Tiksi im langjährigen Mittel (aus: International Station Meteorological Climate Summary, Vers. 4.0)	13
Tab. 2: Beispielwerte für die horizontale Auflösung des Parasoundsystems (aus: Spieß, 1993)	20
Tab. 3: Beispielwerte für die Berechnung des Sedimentumlagerungsindex	27
Tab. 4: Rang der maximalen Furchenhäufigkeit in Untersuchungsabschnitten der NO-Region	55

9 Literaturverzeichnis

- Aagaard, K., J.H. Swift und E.C. Carmack (1985): Thermohaline Circulation in the Arctic Mediterranean Sea. *Journal of Geophysical Research* 90 (C3), S. 4833-4846.
- Aagaard, K. und E.C. Carmack (1989): The Role of Sea Ice and Other Fresh Water in the Arctic Circulation. *Journal of Geophysical Research* 94 (C10), S. 14485-14498.
- Aagaard, K. und E.C. Carmack (1994): The Arctic Ocean and climate: a perspective. In: Johannessen, O.M., R.D. Muench und J.E. Overland (Hrsg.): *The polar oceans and their role in shaping the global environment: The Nansen centennial volume*. Geophysical Monograph. Washington, D.C. (American Geophysical Union), 85, S. 5-20.
- Anderson, D.M. und R.S. Webb (1994): Ice-age tropics revisited. *Nature* 367, S. 23-24.
- Barnes, P.W., E. Reimnitz und D. Fox (1982): Ice rafting of fine-grained sediment, a sorting and transport mechanism, Beaufort Sea, Alaska. *J. Sed. Pet.* 52 (2), S. 493-502.
- Barnes, P.W., D.M. Rearic und E. Reimnitz (1984): Ice gouging characteristics and processes. In: *The Alaskan Beaufort Sea: Ecosystems and environments*. Menlo Park, California (U.S. Geological Survey), S. 185-212.
- Barnes, P.W., R.E. Hunter, A. Lee, E. Reimnitz und W.S. Weber (1985): Sediment transport by ice gouging: application of model experiments to the arctic continental shelf. In: Ackley, S.F. und W.F. Weeks (Hrsg.): *Sea Ice Properties and Processes*. Hanover, New Hampshire (Cold Regions Research and Engineering Laboratory), S. 109-111.
- Barnett, D. (1991): Sea ice distribution in the Soviet Arctic. In: Brigham, L.A. (Hrsg.): *The Soviet Maritime Arctic*. London (Belhaven Press), S. 47-62.
- Benthien, A. (1994): Echographiekartierung und physikalische Eigenschaften der oberflächennahen Sedimente in der Laptevsee. (unveröffentlichte Diplomarbeit), Christian-Albrechts-Universität, Kiel, 80 S.
- Blanchon, P. und J. Shaw (1995): Reef drowning during the last deglaciation: Evidence for catastrophic sea-level rise and ice-sheet collapse. *Geology* 23, S. 4-8.
- Boisvert, W. (1970): Major currents along the coast of Norway and the USSR to the Kurils. Technical Report, S. 22.
- Clark, D.L. (1990): Arctic ocean ice cover; geologic history and climatic significance. In: Grantz, A., L. Johnson und J.F. Sweeney (Hrsg.): *The Arctic Ocean Region. The Geology of North America*. Boulder, Colorado (Geol. Soc. Am. (also: Geol. Surv. Can.)), L, S. 53-62.
- Clay, C.S. und H. Medwin (1977): *Acoustical Oceanography: Principles and Applications*. New York (Wiley, J. & Sons), 504 S.
- Colony, R. und A.S. Thorndike (1985): Sea ice motion as a drunkard's walk. *Journal of Geophysical Research* 90, S. 965-974.
- Dethleff, D. (1995): Die Laptevsee-eine Schlüsselregion für den Fremdstoffeintrag in das arktische Meereis. (unveröffentlichte Diplomarbeit), Christian-Albrechts-Universität, Kiel, 111 S.

- Dethleff, D., E. Reimnitz und D. Nürnberg (1996): Paleooceanography of the Laptev Sea flow lead. In: Kassens, H., F. Lindemann und B. Rohr (Hrsg.): Third Workshop on Russian-German Cooperation: Laptev Sea Seystem (Program and Abstracts). Terra Nostra (Schriften der Alfred-Wegener-Stiftung). Köln (Alfred-Wegener-Stiftung), 9/96, S. 89-90.
- Dolginow, J. und S. Kropatschjow (1994): Abriß der Geologie Rußlands und angrenzender Staaten. Moskau (Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart), 163 S.
- Dowdeswell, J.A. (1993): Iceberg scouring in Scoresby Sund and on the East Greenland continental shelf. *Marine Geology* 111, S. 37-53.
- Dunayev, N.N. und J.A. Pavlidis (1988): A model of Late Pleistocene glaciation of the Eurasian Arctic Shelf. In: Kotlyakov, V.M. und V.E. Sokolov (Hrsg.): Arctic Research-Advances and Prospects. 2, S. 70-72.
- Elverhøi, A., W. Fjeldskaar, A. Solheim, M. Nyland-Burg und R. L. (1993): The Barents Sea ice sheet-a model of its growth and decay during the last ice maximum. *Quaternary Science Reviews* 12, S. 863-873.
- Fairbanks, R.G. (1989): A 17.000-year glacio-eustatic sea level record: influence of glacial melting rates on the Younger Dryas event and deep ocean circulation. *Nature* 342, S. 637-642.
- Fairbanks, R.G. (1989): A 17.000-year glacio-eustatic sea level record: influence of glacial melting rates on the Younger Dryas event and deep ocean circulation. *Nature* 342, S. 637-642.
- Flint, R.F. (1971): *Glacial and quaternary geology.*, John Wiley and Sons (Hrsg.), New York, 892 S.
- Fujita, K., D.B. Cook, H. Hasegawa, D. Forsyth und R. Wetmiller (1990): Seismic and focal mechanism of the Arctic region and the North American plate boundary in Asia. In: Grantz, A., L. Johnson und J. Sweeney, F. (Hrsg.): *The Arctic Ocean Region. The Geology of North America.* Boulder, CO (Geological Society of America), S. 79-100.
- Fütterer, D.K. (Hrsg.) (1994): The expedition ARCTIC'93, Leg ARK-IX/4 of RV "Polarstern" 1993. *Berichte zur Polarforschung Bremerhaven (Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung)*, 149: 244 S.
- Gataullin, V., L. Polyak, O. Epstein und B. Romanyuk (1993): Glacigenic deposits of the Central Deep: a key to the Late Quaternary evolution of the eastern Barents Sea. *Boreas* 22, S. 47-58.
- Gethsen, C., H.O. Kneser und H. Vogel (1989): *Physik: Ein Lehrbuch zum Gebrauch neben Vorlesungen.* Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, Hong Kong (Springer Verlag), 884 S.
- Geyer, R.A. (1983): *Handbook of geophysical exploration at sea.* Boca Raton, Florida (CRC Press, Inc.), 445 S.
- Gierloff-Emden, H.-G. (1982): Das Eis des Meeres: Phänomene, Genese und Morphologie. In: Gryter, W. de (Hrsg.): *Lehrbuch der Allgemeinen Geographie.* Berlin, Bd.5, S. 767-940.

- Gloersen, P., W.J. Campbell, D.J. Cavalieri, J.C. Comiso, C.L. Parkinson und H.J. Zwally (1992): Arctic and Antarctic Sea Ice, 1978-1987: Satellite Passive-Microwave Observations and Analysis. Scientific and Technical Information Program Washington, D.C. (National Aeronautics and Space Administration), NASA SP-511, 290 S.
- Gorbunov, V.S. (1979): Die radiolarien des mittleren und oberen eozäns der Dnjepr-Donetz-Senke., S. Gorbunov, Y.A. (1979): Stamukhaes in south-east part of the Laptev Sea. In: Treshnikov, A.F. (Hrsg.): Poleks-Sever-76 Nauchnye Rezul'taty Chast' II. Leningrad (Gidrometeoizdat) S. 107-110.
- Gordienko, P.A. und A.F. Laktionov (1969): Circulation and physics of the Arctic Basin waters. In: Annuals of the International Geophysical Year. New York (Pergamon), 46 Oceanography, S. 94-112.
- Gorshkov, S.G. (1983): World Ocean Atlas. (Pergamon Press), 3, Arctic Ocean, 184 S.
- Grosswald, M.G. (1988): Antarctic-style ice sheet in the Northern Hemisphere: Toward the new global glacial theory. Polar Geography and Geology 12, S. 239-267.
- Hambrey, M. (1994): Glacial Environments. London (UCL Press), 296 S.
- Holler, P. (1995): Arbeitsmethoden der marinen Geowissenschaften. Bremen (Ferdinand Enke, Stuttgart), 150 S.
- Holmes, M.L. und J.S. Creager (1974): Holocene history of the Laptev Sea continental shelf. In: Herman, Y. (Hrsg.): Marine Geology and Oceanography of the Arctic Seas. New York (Springer-Verlag), S. 211-230.
- Hovland, M. und A.G. Judd (1988): Seabed Pockmarks and Seepages: Impact on Geology, Biology and Marine Environment. London (Graham and Trotman Ltd.), 278 S.
- Hovland, M. und J. Mienert (1992): Parasoundprofiling and Hydrosweep mapping of shallow gas reservoirs on the Barents Shelf and the Vring Plateau. In: Suess, E. und A. Altenbach (Hrsg.): Europäisches Nordmeer, Reise 17. Meteor-Berichte. University of Hamburg 92 (3), S. 164.
- Hubberten, H.-W. (Hrsg.) (1995): Die Expedition ARKTIS-X/2 mit FS "Polarstern" 1994. Berichte zur Polarforschung Bremerhaven (Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung), 174: 186 S.
- Hydrographie, B.F.S.U. (Hrsg.) (1993): Handbuch der Nordküste Rußlands. Hamburg S.
- Johnson, G.L. (1990): Morphology and plate tectonics: The modern polar oceans. In: Bleil, U. und J. Thiede (Hrsg.): Geological History of the Polar Oceans: Arctic versus Antarctic. NATO ASI Series. Dordrecht / Boston / London (Kluwer Academic), Series C: Mathematical and Physical Sciences, S. 11-28.
- Jones, E.P., B. Rudels und L.G. Anderson (1995): Deep waters of the Arctic Ocean: origins and circulation. Deep-Sea Research I 42 (5), S. 737-760.
- Josenhans, H.W., J. Zevenhuizen und R.A. Klassen (1986): The Quarternary geology of the Labrador Shelf. Canadian Journal of Earth Sciences 23, S. 1190-1213.
- Kassens, H. und V.Y. Karpiy (Hrsg.) (1994): Russian-German Cooperation: The Transdrift I Expedition to the Laptev Sea. Berichte zur Polarforschung Bremerhaven (Alfred Wegener Institut für Polar- und Meeresforschung), 151: 168 S.

- King, L.H. und B. Mac Lean (1970): Pockmarks on the Scotian Shelf. *Geol. Soc. Amer. Bull.* 81, S. 3141-3148.
- Knott, S.T. und J.B. Hersey (1956): Interpretation of high-resolution echo sounding techniques and their use in bathymetry, marine geophysics, and biology. *Deep-Sea Research* 4, S. 36-44.
- Kuptsov, V.M. und A.P. Lisitsin (1996): Radiocarbon of Quaternary along shore and bottom deposits of the Lena and the Laptev Sea sediments. *Marine Chemistry* 53, S. 301-311.
- Lachenbruch, A.H. (1968): Permafrost. In: Fairbridge, R.W. (Hrsg.): *The encyclopedia of geomorphology*. New York (Rheinhold Book Corporation), 3, S. 833-838.
- Lachenbruch, A.H., J.H. Sass, B.V. Marshall und T.H. Moses, Jr. (1982): Permafrost, heat flow, and the geothermal regime at Prudhoe Bay, Alaska. *Journal of Geophysical Research* 87, S. 9301-9316.
- Lammers, S., E. Suess und M. Hovland (1995): A large methane plume east of Bear Island (Barents Sea): implications for the marine methane cycle. *Geologische Rundschau* 84, S. 59-66.
- Lange, M.A. (1987): Basic Properties of Antarctica Sea Ice as Revealed by Textural Analysis on Ice Cores. In: *Symposium on Ice Core Analysis*, Bern
- Lawver, L.A., R.D. Müller, S.P. Srivastava und W. Roest (1990): The opening of the Arctic Ocean. In: Bleil, U. und J. Thiede (Hrsg.): *Geological History of the Polar Oceans: Arctic versus Antarctic*. NATO ASI Series. Dordrecht / Boston / London (Kluwer Academic Press), C308, S. 29-62.
- Letzig, T. (1995): Meereistransportiertes lithogenes Feinmaterial in spätquartären Tiefenseesedimenten des zentralen östlichen Arktischen Ozeans und der Framstraße. *Berichte zur Polarforschung Bremerhaven (Alfred-Wegener-Institut)*, 162, 98 S.
- Lewellen, R.I. (1973): The occurrence and characteristics of nearshore permafrost. In: *Second Proc. Int. Conf. Permafrost, northern Alaska* 131-136.
- Lewis, C.F.M. (1977): *Beaufort Sea Tech.* Department of the Environment. 23.
- Létolle, R., J.M. Martin, A.J. Thomas, V.V. Gordeev, S. Gusarova und I.S. Sidorov (1993): 18-O abundance and dissolved silicate in the Lena delta and Laptev Sea (Russia). *Marine Chemistry* 43, S. 47-64.
- Lindemann, F. (1994): *Sonographische und sedimentologische Untersuchungen in der Laptevsee, sibirische Arktis*. (unveröffentlichte Diplomarbeit), Christian-Albrechts-Universität Kiel, 80 S.
- Lindemann, F., H. Kassens und E. Reimnitz (1995): Sediment Reworking by Ice Gouging in the Western Laptev Sea. In: Kassens, H., D. Piepenburg, J. Thiede, L. Timokhov, H.-W. Hubberten und S.M. Priamikov (Hrsg.): *Russian-German Cooperation: The Laptev Sea System*. *Berichte zur Polarforschung. Bremerhaven (Alfred Wegener Institut für Polar- und Meeresforschung)*, 176, S. 280-285.
- Luskin, B., B.C. Heezen, M. Ewing und M. Landisman (1954): Precision measurement of ocean depth. *Deep-Sea Research* 1, S. 131-140.

- Mackay, J.R. (1972): Offshore permafrost and ground ice, southern Beaufort Sea, Canada. *Canadian Journal of Earth Sciences* 9 (11), S. 1550-1561.
- Maykut, G.A. (1985): The ice environment. In: Horner, R.A. (Hrsg.): *Sea Ice Biota*. Boca Raton (CRC Press), S. 21-82.
- Menzies, J. (Hrsg.) (1995): *Modern Glacial Environments: Processes, Dynamics and Sediments*. Glacial Environments Oxford (Butterworth-Heinemann Ltd.), 1: 506 S.
- Menzies, J. (Hrsg.) (1996): *Past Glacial Environments: Sediments, Forms and Techniques*. Glacial Environments Oxford (Butterworth-Heinemann Ltd.), 2: 485 S.
- Mienert, J., J. Posewang und M. Baumann (1998): Hydrates along the northeastern Atlantic margin: possible hydratebound margin instabilities and possible release of methane. In: Henriot, J.-P. und J. Mienert (Hrsg.): *Gas Hydrates: Relevance to World Margin Stability and Climate Change*. Geological Society Special Publications. London (Geological Society), 137, S. 275-291.
- Navy, T.H.O.T. (Hrsg.) (1993): Admiralty tide tables. 1.
- Neave, K.G. und P.V. Sellmann (1984): Determining distribution patterns of ice-bonded permafrost in the U.S. Beaufort Sea from seismic data. In: *The Alaskan Beaufort Sea: Ecosystems and environments*. Hanover, New Hampshire (U.S. Geological Survey), S. 237-257.
- Nürnberg, D., C. Vogt, M. Wahsner und R. Stein (1994): Terrigener Sedimenteintrag im östlichen Arktischen Ozean. Alfred-Wegener-Institut. *Zweijahresbericht 1992/93*.
- Olesen, O.B. und N. Reeh (1969): Preliminary report on glacier observations in Nordvestfjord, East Greenland. *Rapp. Grönlands geol. Unders* 21, S. 41-53.
- Perry, R.K., H.S. Fleming, J.R. Weber, Y. Kristoffersen, J.K. Hall, A. Grantz und G.L. Johnson (1986): *Bathymetry of the Arctic Ocean*. 1: 6000000. Washington (Geological Society of America).
- Polyak, L., S.J. Lehman, V. Gataullin und A.J.T. Jull (1995): Two-step deglaciation of the southeastern Barents Sea. *Geology* 23 (6), S. 567-571.
- Popov, A.I. (1991): Submarine cryodiagenesis. *Soviet engineering Geology (Inzhenernaya Geologiya)* 6, S. 49-55.
- Rachor, E. (1997): Scientific Cruise Report of the Arctic Expedition ARK-XI/1 of RV "Polarstern" in 1995. In: *Berichte zur Polarforschung*. Bremerhaven (Alfred-Wegener-Institut), 226, S. 157.
- Rearic, D.M., P.W. Barnes und E. Reimnitz (1990): Bulldozing and Resuspension of Shallow-Shelf Sediment by Ice Keels: Implications for Arctic Sediment Transport Trajectories. *Marine Geology* 91, S. 133-147.
- Reimnitz, E., E.W. Kempema, C.R. Ross und P.W. Minkler (1980): Open-File Rep. 80-2010. U. S. Geol. Surv.
- Reimnitz, E. und E.W. Kempema (1988): Ice rafting: an indication of glaciation? *J. Glaciol.* 34, S. 254-255.

- Reimnitz, E., D. Dethleff und D. Nürnberg (1994): Contrasts in Arctic shelf sea-ice regimes and some implications: Beaufort Sea versus Laptev Sea. In: Thiede, J., T.O. Vorren und R.F. Steinhausen (Hrsg.): *Marine Geologie*. Amsterdam (Elsevier Science B.V.), 119, S. 215-225.
- Reineck, H.-E. und I.B. Singh (1980): Depositional sedimentary environments, with reference to terrigenous clastics., S. Rigor, I. (1992): Arctic Ocean buoy program. ARCOS newsletter 44, S. 1-3.
- Rogers, J.C. und J.L. Morack (1983): Geophysical detection of Subsea Permafrost. In: Geyer, R.A. (Hrsg.): *Handbook of geophysical exploration at sea*. Boca Raton, Florida (CRC Press, Inc.), S. 187-208.
- Romanovskii, N.N., A.V. Gavrilov und A.L. Kholodov (1998): Paleo-geographic model for reconstruction of the permafrost evolution on the Laptev Sea shelf and new version of off-shore permafrost and sub-sea taliks distribution. In: Kassens, H., H.A. Bauch, I. Dmitrenko, H. Eicken, H.-W. Hubberten, M. Melles, J. Thiede und L. Timokhov (Hrsg.): *Land-Ocean Systems in the Siberian Arctic: Dynamics and History*. Berlin (Springer-Verlag).
- Rudels, B., E.P. Jones, L.G. Anderson und G. Kattner (1994): On the intermediate depth waters of the Arctic Ocean. In: Johannessen, O.M., R.D. Muench und J.E. Overland (Hrsg.): *The polar oceans and their role in shaping the global environment: The Nansen centennial volume*. Geophysical Monograph. Washington, D.C. (American Geophysical Union), 85, S. 33-46.
- Schell, I.I. (1966): Icebergs. In: Fairbridge, R.W. (Hrsg.): *The encyclopedia of oceanography*. New York (Reinhold Publishing Corporation), 1, S. 367-369
- Smith, S.D., R.D. Miench und C.H. Pease (1990): Polynyas and leads: An overview of physical processes and environment. *Geophysical Research* 95, S. 9461-9479.
- Solheim, A., J.D. Milliman und A. Elverhøi (1988): Sediment distribution and sea-floor morphology of Storbanken: implications for the glacial history of the northern Barents Sea. *Canadian Journal of Earth Sciences* 25, S. 547-556.
- Spieß, V. (1992): *Digitale Sedimentechographie- Neue Wege zu einer hochauflösenden Akustostratigraphie*. Habilitation, Bremen, 199 S.
- Spindler, M. (1990): A Comparison of Arctic and Antarctic Sea ice and the effects of different properties on sea ice biota. In: Bleil, U. und J. Thiede (Hrsg.): *Geological History of the Polar Oceans: Arctic vesus Antarctic*. NATO ASI Series C. Dordrecht (Kluwer Academic Publishers), 308, S. 173-186.
- Sudgen, D.E. (1982): *Arctic and Antartic-A modern geographical synthesis.*, Oxford. Oxford (Blackwell Publ.), 472 S.
- Suslov, S.P. (1961): *Physical Geography of Asiatic Russia*. San Franzisko, California (Freeman & Co), 594 S.
- Taylor, M. (1998): Gas Hydrate at the U.S. Geological Survey: Crest of Blake Ridge. In: U.S. Geological Survey.

- Timokhov, L.A. (1994): Regional characteristics of the Laptev and the East Siberian Seas: Climate, topography, ice phases, thermohaline regime, circulation. In: Kassens, H., H.-W. Hubberten, S.M. Pryamikov und R. Stein (Hrsg.): Russian-German Cooperation in the Siberian Shelf Seas: Geo-System Laptev-Sea. Berichte zur Polarforschung. Bremerhaven (Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung), 144, S. 15-31.
- Vogt, P.R. und O.E. Avery (1974): Tectonic history of the Arctic Basins: Partial solutions and unsolved mysteries. In: Herman, Y. (Hrsg.): Marine geology and oceanography of the Arctic Seas. New York (Springer Verlag), S. 83-117.
- Vogt, P.R., K. Crane und E. Sundvor (1994): Deep Pleistocene iceberg plowmarks on the Yermak Plateau: Sidescan and 3.5kHz evidence for thick calving ice fronts and a possible marine ice sheet in the Arctic Ocean. *Geology*, S. 403-406.
- Vogt, C. (1997): Zeitliche und räumliche Verteilung von Mineralvergesellschaftungen in spätquartären Sedimenten des Arktischen Ozeans während Glazialen- und Interglazialen und ihre Nutzbarkeit als Klimaindikatoren. In: Berichte zur Polarforschung. Bremerhaven (Alfred-Wegener-Institut), 251, S. 282.
- Wadhams, P. (1983): Sea ice thickness distribution in the Fram Strait. *Nature* 305 (8), S. 108-111.
- Weeks, W.F. (in Druck): Possible Roles of Sea Ice in the Transport of Hazardous Material. Geophysical Institute University of Alaska Fairbanks.
- Weiel, D. (1997): Paläozeanographische Untersuchungen in der Vilkitsky Straße und östlich von Severnaya Zemlya mit sedimentologischen und geophysikalischen Methoden. (unveröffentlichte Diplomarbeit), Univ. Köln, S. 130
- Wollenburg, I. (1993): Sedimenttransport durch das Arktische Meereis: Die rezente lithogene und biogene Materialfracht. In: Berichte zur Polarforschung. Bremerhaven (Alfred-Wegener-Institut), 127, S. 159.

Anhang

Statistische Funktionen \ Regionen	W	NW	SW	S	SO	O	NO	*Ges
Anzahl der Datenpunkte	15	93	168	44	70	66	38	586
Gesamtstrecke [km]	75	465	840	220	350	330	190	2930
Ø Anzahl der Eisberge pro Kilometer	1	5	3	1	3	5	2	3
Durchfurchungs-Index (Einkerbtiefe x Breite) [m²]	246	234	225	19	170	107	408	176
größte Wassertiefe mit Eisfurche [m]	143.5	304	105.5	66.7	74.2	56	344.5	354.5
geringste Wassertiefe mit Eisfurche [m]	92.7	39	23	44.5	37.4	38.5	87.5	23
Wassertiefe mit den meisten Eisfurchen [m]	113.5	61	42	52.9	39	41.1	268	39
Wassertiefe [m]								
max. Wassertiefe	170.9	424.0	247.0	66.4	75.0	56.9	414.9	424.0
min. Wassertiefe	90.5	38.0	22.4	44.0	37.0	38.3	86.3	22.4
Ø Wassertiefe	118.8	143.6	56.2	51.9	51.3	47.9	201.6	81.8
Ø (10% gestutzt)	118.0	139.2	55.7	51.5	51.0	48.0	199.4	73.4
Median	114.5	125.5	55.6	50.5	51.3	49.7	199.3	58.0
Standardabweichung	15.7	79.6	17.5	5.2	8.3	5.2	80.4	61.3
Anzahl der Eisfurchen								
Σ der Furchen	86	2323	2333	119	1092	1521	472	8262
max.	13	82	74	16	98	73	26	98
min.	1	1	1	1	1	1	2	1
Ø	6	25	14	3	16	23	12	14
Ø (10% gestutzt)	6	24	13	2	13	22	12	12
Median	4	19	10	2	11	16	12	9
Standardabweichung	4	21	12	3	19	18	6	16
Durchfurchung in % zum Untersuchungsabschnitt								
max.	43.4	55.7	70.2	15.5	39.0	44.7	49.5	70.2
min.	0.8		0.8		0.8		3.2	
Ø Verhältnis durchfurchte-unddurchfurchte Oberfl. in %	15.7	21.2	16.1	3.2	14.8	16.3	25.6	14.7
Ø (10% gestutzt)	15.7	20.7	15.0	2.8	14.5	15.8	25.6	13.7
Median	11.7	20.6	12.7	1.7	14.3	14.1	26.1	10.9
Standardabweichung	13.5	13.2	13.1	3.6	9.1	11.2	13.7	12.8
Durchschnittliche Breite der Furchen [m]								
max.	238.1	302.9	723.9	310.7	278.1	191.7	320.8	736.1
min.>0	40.2	11.2	12.4	10.7	10.2	9.7	37.9	9.7
Ø Furchenbreite	132.9	66.8	69.6	65.0	71.7	47.1	109.9	73.6
Ø (10% gestutzt)	132.9	61.3	61.2	56.2	66.2	43.9	106.1	64.7
Median	123.7	51.9	51.3	40.7	55.9	39.8	101.2	52.2
Standardabweichung	53.4	54.3	67.8	68.7	53.5	32.5	51.8	72.7
Einkerbtiefe der Eisfurchen ins Sediment [m]								
max. Einkerbtiefe	8.0	6.0	8.9	3.5	9.0	4.5	8.0	9.0
min. Einkerbtiefe	1.0	0.4	0.4	0.2	0.3	0.2	0.8	0.1
Ø Einkerbtiefe	2.7	2.5	2.6	0.7	2.4	1.1	4.0	2.2
Ø (10% gestutzt)	2.7	2.4	2.4	0.6	2.2	1.0	4.0	2.0
Median	2.0	2.3	2.0	0.5	2.3	0.6	4.1	1.8
Standardabweichung	2.1	1.5	1.8	0.8	1.6	0.9	1.7	1.7

Statistische Funktionen \	Regionen							*Ges
	W	NW	SW	S	SO	O	NO	
Eisfurchen mit einer Einkerbtiefe ≤2m								
Σ der Eisfurchen mit Einkerbtiefe ≤2m	71	2171	1982	112	939	1507	363	7424
Einkerbtiefe ≤2m in % zur Σ der Region	82.6	93.5	85.0	94.1	86.0	99.1	76.9	89.9
max. Anzahl	13	82	51	16	94	73	20	94
min. Anzahl	1			1			1	
Ø Anzahl	5	23	12	3	13	23	10	13
Ø (10% gestutzt)	5	22	11	2	11	22	10	11
Median	3	17	8	2	9	15	9	7
Standardabweichung	3	21	10	3	18	19	5	15
Eisfurchen mit einer Einkerbtiefe >2-5m								
Σ der Eisfurchen mit Einkerbtiefe >2-5m	11	146	312	7	144	14	105	775
Einkerbtiefe >2-5m in % zur Σ der Region	12.8	6.3	13.4	5.9	13.2	0.9	22.2	9.4
max. Anzahl	4	16	34	5	18	4	10	34
min. Anzahl	1							
Ø Anzahl	2	2	2		2		3	2
Ø (10% gestutzt)	2	1	2		2		3	1
Median	2	1	1		1		2	1
Standardabweichung	1	3	4	1	4	1	2	3
Eisfurchen mit einer Einkerbtiefe >5m								
Σ der Eisfurchen mit Einkerbtiefe >5m	4	6	39		9		11	70
Einkerbtiefe >5m in % zur Σ der Region	4.7	0.3	1.7		0.8		2.3	0.8
max. Anzahl	2	1	12		6		3	12
min. Anzahl	1							
Ø Anzahl	1							
Ø (10% gestutzt)	1							
Median	1							
Standardabweichung			1		1		1	1
Eisfurchen mit einer geringen Reliefenergie								
Σ der Eisfurchen mit geringer Reliefenergie	33	558	483	50	134	381	383	2114
Furchen "geringer Reliefenergie" in % zur Region	38.4	24.0	20.7	42.0	12.3	25.0	81.1	25.6
max. Anzahl	7	27	24	14	14	24	26	27
min. Anzahl	1	1	1	1	1		2	
Ø Anzahl	3	7	4	2	3	6	10	5
Ø (10% gestutzt)	3	6	3	2	2	6	10	4
Median	2	6	3	1	2	4	10	3
Standardabweichung	2	5	4	3	2	6	6	5
Eisfurchen mit einer mittleren Reliefenergie								
Σ der Eisfurchen mit mittlerer Reliefenergie	45	936	961	57	347	848	89	3402
Furchen "mittlerer Reliefenergie" in % zur Region	52.3	40.3	41.2	47.9	31.8	55.8	18.9	41.2
max. Anzahl	8	61	24	11	55	56	14	61
min. Anzahl	1	1		1	1		1	
Ø Anzahl	4	14	6	2	6	14	6	8
Ø (10% gestutzt)	4	12	6	2	4	12	6	6
Median	3	8	5	2	3	6	5	4
Standardabweichung	2	15	5	2	9	15	5	10
Eisfurchen mit einer stark ausgeprägten Morphologie								
Σ der Eisfurchen mit hoher Reliefenergie	8	829	890	12	611	292		2747
Furchen "hoher Reliefenergie" in % zur Region	9.3	35.7	38.1	10.1	56.0	19.2		33.2
max. Anzahl	3	64	70	3	59	16		70
min. Anzahl	1	1	1	1	1	1		1
Ø Anzahl	2	13	7	2	10	6		7
Ø (10% gestutzt)	2	12	5	2	8	6		6
Median	2	7	4	2	7	5		4
Standardabweichung	1	14	9	1	12	4		10

* Bezieht sich auf den gesamten Datensatz, NICHT nur auf die ausgewählten Regionen

Angaben zur Lokation									Angaben zu den Eisfurchen										
Region	Profil	Position		Datum	Zeit	Wassertiefe [m]			Anz.	Verh. [%]	Breite [m]	Einkerbtiefe [m]				Reliefenergie			Umlagrsg.-index [m ²]
		Breite(N)	Länge(O)			mittl.	min.	max.				<=2	>2	>5	max.	gering	mittl.	hoch	
NW	V 2	80.535	102.745	11.08.95	23:46	352.6	319.7	385.4	1	6.1	302.9	1		2	1			60.6	
NW	V 4	80.460	102.323	12.08.95	0:22	306.1	304.5	307.7	2			2			2				
NW	V 5	80.415	102.159	12.08.95	0:48	269.7	254.4	285.0	4	10.3	129.0	4		1	4			51.6	
NW	V 6	80.381	101.940	12.08.95	1:06	246.1	232.5	259.6	5	20.6	205.8	4	1	2.3	5			252.1	
NW	V 7	80.349	101.735	12.08.95	1:22	205.0	178.5	231.5	12	24.0	100.0	12		1	5	2	5	120.0	
NW	V 8	80.344	101.778	12.08.95	1:42	202.9	170.5	235.3	20	22.6	56.4	20		2	7	1	12	225.6	
NW	V 9	80.395	101.804	12.08.95	2:42	242.5	231.5	253.5	7	7.3	51.9	6	1	5	7			98.6	
NW	V 10	80.415	102.022	12.08.95	3:02	261.0	253.5	268.5	22	8.2	18.6	22		0.5	22			20.5	
NW	V 11	80.395	102.105	12.08.95	10:16	256.3	248.5	264.0	6	5.8	48.5	6		1	6			29.1	
NW	V 12	80.329	102.271	12.08.95	10:54	215.9	181.4	250.3	11	12.9	58.7	10	1	3	7	1	3	146.8	
NW	V 13	80.264	102.414	12.08.95	11:24	149.5	105.5	193.5	29	21.7	37.4	27	2	3		6	23	239.4	
NW	V 14	80.183	102.527	12.08.95	11:58	99.9	90.5	109.3	49	47.3	48.2	36	13	4.5	2	3	44	754.3	
NW	V 15	80.104	102.540	12.08.95	12:28	144.8	109.5	180.0	18	27.0	75.1	11	7	5	3	4	11	533.2	
NW	VI 1	79.507	103.778	12.08.95	16:28	232.3	148.0	316.5	3	4.8	79.6	3		1.1		3		26.3	
NW	VI 2	79.490	103.963	12.08.95	16:50	137.4	126.8	148.0	2	3.7	93.2	2		1.6	1	1		29.8	
NW	VI 3	79.504	104.171	12.08.95	17:08	184.0	166.5	201.5	3	6.7	111.1	3		1	3			33.3	
NW	VI 4	79.493	104.388	12.08.95	17:26	121.6	71.4	171.7	11	10.7	48.4	11		1.3	3	4	4	66.6	
NW	VI 5	79.447	104.558	12.08.95	17:56	69.7	59.3	80.0	63	31.0	24.6	60	3	3.6	15	8	40	336.5	
NW	VI 6	79.444	104.763	12.08.95	18:18	104.8	80.0	129.5	19	25.0	65.8	17	2	2.5	6	7	6	282.9	
NW	VI 7	79.472	104.963	12.08.95	18:38	191.5	127.5	255.5	14	18.7	66.8	14		1	12	2		93.5	
NW	VI 8	79.429	105.118	12.08.95	19:04	159.9	130.5	189.2	14	17.8	63.6	11	2	1	6		5	298.9	
NW	VI 9	79.388	105.072	12.08.95	19:32	174.2	147.6	200.7	1	2.6	129.6			1	6		1	142.6	
NW	VI 10	79.373	104.869	12.08.95	19:52	131.6	113.5	149.7	14	26.2	93.6	10	3	1	5.5	7	4	3	482.0
NW	VI 11	79.405	104.682	12.08.95	20:30	87.1	59.6	114.5	28	22.9	40.9	24	3	1	5		9	19	323.1
NW	VI 12	79.449	104.531	12.08.95	21:02	62.8	55.0	70.5	61	35.4	29.0	59	2	3.5	8	16	37		374.1
NW	VI 13	79.487	104.362	12.08.95	21:38	96.4	70.3	122.5	20	17.1	42.9	15	5	3.3	8		12		241.3
NW	VI 14	79.485	104.141	12.08.95	22:04	112.1	71.5	152.7	10	10.1	50.3	10		1		6	4		50.3
NW	VI 15	79.477	103.949	12.08.95	22:24	131.3	108.0	154.5	10	13.3	66.7	9	1	2.9		9	1		152.7
NW	VI 16	79.500	103.779	12.08.95	23:06	230.5	150.5	310.5	6	8.8	73.7	5	1	4.5	5	1			121.6
NW	IX 1	78.301	110.941	01.08.95	15:44	86.5	83.3	142.5	8	8.5	53.2	8		0.5	2	1	5		21.3
NW	IX 2	78.333	110.757	01.08.95	15:58	81.3	76.5	86.0	17	11.0	32.2	17		0.9	9	4	4		47.9
NW	IX 3	78.364	110.574	01.08.95	16:12	74.6	72.7	76.5	10	5.1	25.4	10		0.5	5	5			12.7
NW	IX 4	78.403	110.383	01.08.95	16:28	73.4	72.5	74.4	24	11.5	23.9	24		0.4	12	10	2		22.9

Angaben zur Lokation										Angaben zu den Eisfurchen									
Region	Profil	Position		Datum	Zeit	Wassertiefe [m]			Anz.	Verh. [%]	Breite [m]	Einkerbtiefe [m]			Reliefenergie			Umlagrgs.-index [m ²]	
		Breite(N)	Länge(O)			mittl.	min.	max.				<=2	>2	>5	max.	gering	mittl.		hoch
NW	IX 5	78.439	110.175	01.08.95	16:44	77.8	74.0	81.5	26	18.1	34.8	26		0.8	16	7	3	67.9	
NW	IX 6	78.470	109.992	01.08.95	16:58	86.4	80.4	92.3	22	31.9	72.6	18	4	4	6	8	8	435.6	
NW	IX 7	78.502	109.812	01.08.95	17:12	101.9	92.3	111.5	17	23.7	69.6	16	1	2.8	8	2	7	256.1	
NW	IX 8	78.550	109.624	01.08.95	17:30	141.0	109.0	173.0	7	20.8	148.6	5	2	4.5	1	4	2	341.8	
NW	IX 9	78.591	109.442	01.08.95	17:46	146.7	135.8	157.6	12	44.3	184.5	8	4	3		12		664.2	
NW	IX 10	78.624	109.273	01.08.95	18:00	190.5	153.3	227.7	4	23.4	292.0	2	2	6		4		584.0	
NW	IX 18	78.880	107.708	01.08.95	20:00	195.5	192.5	198.5	2				2	3.5			2		
NW	IX 33	79.364	104.809	07.09.95	23:54	115.5	98.5	132.5	13	26.7	102.7	13		1.5	3	8	2	200.3	
NW	IX 34	79.397	104.619	08.09.95	0:10	76.4	54.5	98.3	32	36.2	56.5	28	4	4	3	13	16	452.0	
NW	IX 35	79.433	104.429	08.09.95	0:28	49.8	45.0	54.5	53	46.9	44.2	49	4	3	2	10	41	521.6	
NW	IX 36	79.470	104.238	08.09.95	0:48	57.5	49.4	171.5	38	26.0	34.2	38		1.5	6	2	30	194.9	
NW	IX 46	80.006	102.673	08.09.95	5:12	242.0	197.5	286.5	12	23.4	97.3	9	3	4.5	12			364.9	
NW	IX 47	80.086	102.589	08.09.95	5:40	136.0	124.5	197.5	23	45.1	98.1	20	3	3.5	11	5	7	554.3	
NW	IX 48	80.157	102.486	08.09.95	6:02	87.5	77.5	125.5	71	55.7	39.2	57	14	5	4	3	64	831.0	
NW	IX 49	80.243	102.376	08.09.95	6:30	121.5	85.5	157.5	61	53.0	43.4	44	16	6		5	56	915.7	
NW	IX 50	80.313	102.261	08.09.95	6:54	174.0	157.5	190.5	24	47.8	99.7	17	7	4	4	4	16	757.7	
NW	IX 51	80.349	102.067	08.09.95	7:12	222.6	186.5	258.7	12	17.4	72.4	9	3	4.5	6	2	4	271.5	
NW	IX 52	80.412	101.980	08.09.95	8:48	263.4	254.6	272.2	6	7.4	62.0	6		1	6			37.2	
NW	IX 53	80.447	101.870	08.09.95	9:22	267.7	257.9	277.5	3	5.8	95.9	3		1	3			28.8	
NW	IX 55	80.500	101.447	08.09.95	9:52	237.0	225.4	248.5	1	3.6	179.6	1		0.5	1			9.0	
NW	IX 56	80.537	101.246	08.09.95	10:08	221.5	217.5	225.4	7	18.1	129.3	6	1	3	7			219.8	
NW	IX 57	80.604	101.117	08.09.95	10:34	214.5	208.5	220.5	8	7.8	48.5	8		1	8			38.8	
NW	IX 58	80.657	100.910	08.09.95	10:54	194.0	179.6	208.5	12	28.3	117.9	8	4	3.5	4		8	448.0	
NW	IX 59	80.702	100.737	08.09.95	11:10	206.0	179.6	232.5	4	8.1	100.9	2	2	4.5	1		3	171.5	
NW	IX 60	80.752	100.540	08.09.95	11:28	218.7	190.0	247.4	9	5.9	33.0	7	2	3.5	3	2	4	82.5	
NW	IX 61	80.806	100.366	08.09.95	11:46	160.1	130.5	189.7	19	27.5	72.4	16	3	2.5	2	3	14	329.4	
NW	IX 62	80.859	100.179	08.09.95	12:04	120.0	114.5	125.5	31	48.1	77.5	27	3	5.5	3	4	24	662.6	
NW	IX 63	80.913	99.996	08.09.95	12:22	178.5	125.5	231.5	14	19.5	69.8	14		1.5	7	1	6	146.6	
NW	IX 67	81.137	99.266	08.09.95	13:38	243.4	221.3	265.5	18	40.0	111.1	18		2	18			400.0	
NW	IX 71	81.326	98.508	08.09.95	14:50	347.0	270.0	424.0	8	20.2	101.2	7	1	2.4	8			186.2	
NW	IX 74	81.376	97.824	08.09.95	15:40	235.2	191.9	278.5	8	17.9	111.8	6	2	2.8	8			240.4	
NW	IX 75	81.400	97.623	08.09.95	16:00	159.0	144.5	173.5	8	22.9	143.3	7	1	2.5	8			265.1	
NW	IX 76	81.430	97.403	08.09.95	16:16	158.5	144.5	216.6	21	53.4	127.1	21		1.5	11	3	7	400.4	
NW	IX 77	81.500	97.266	08.09.95	16:42	260.0	213.5	306.5	5	8.0	80.3	5		2	5			80.3	

Angaben zur Lokation									Angaben zu den Eisfurchen									
Region	Profil	Position		Datum	Zeit	Wassertiefe [m]			Anz.	Verh. [%]	Breite [m]	Einkerbtiefe [m]			Reliefenergie			Umlagrgs.-index [m ²]
		Breite(N)	Länge(O)			mittl.	min.	max.				<=2	>2	>5	max.	gering	mittl.	
NW	4 1	78.100	109.219	20.09.93	0:06	52	49	180	19	7.4	19.5	19		2	1	11	7	74.1
NW	4 2	78.141	109.031	20.09.93	0:32	44	38	51	38	22.3	29.4	37	1	2.5	8	24	6	230.8
NW	4 3	78.239	109.086	20.09.93	1:18	44	38	50	35	17.8	25.5	35		1.5	5	17	13	133.9
NW	4 4	78.260	109.242	20.09.93	4:24	51	50	52	19	14.7	38.7	18	1	2.5	11	6	2	156.7
NW	4 5	78.261	109.261	20.09.93	7:54	55	50	60	50	19.0	19.0	50		1.5	4	9	37	142.5
NW	4 6	78.364	109.477	20.09.93	8:48	64	60	68	70	31.5	22.5	68	2	3.5	17	29	24	330.8
NW	4 7	78.353	109.667	20.09.93	9:02	69	63	74	55	31.3	28.4	54	1	2.5	11	26	18	319.5
NW	4 8	78.321	109.872	20.09.93	9:22	63	62	65	48	42.1	43.9	47	1	2.5	7	20	21	432.4
NW	4 9	78.298	110.067	20.09.93	9:40	60	58	62	56	31.1	27.8	56		1.5	7	38	11	233.5
NW	4 10	78.330	110.243	20.09.93	10:10	61	57	65	82	29.7	18.1	82		2	20	56	6	296.8
NW	4 11	78.375	110.474	20.09.93	10:40	73	65	82	42	10.3	12.3	42		1	15	27		51.7
NW	4 12	78.462	110.453	20.09.93	11:44	83	76	89	27	9.2	17.1	27		2	2	18	7	92.3
NW	4 13	78.460	110.678	20.09.93	12:08	95	90	101	30	25.9	43.2	30		1.5	5	22	3	194.4
NW	4 14	78.479	110.791	20.09.93	16:36	100	99	102	30	12.5	20.9	30		1	8	21	1	62.7
NW	4 15	78.494	110.989	20.09.93	18:06	109	101	118	27	36.3	67.3	26	1	2.5		27		380.2
NW	5 2	78.534	110.765	22.09.93	11:36	105	81	123	17	23.4	68.8	17			2	15		
NW	5 3	78.512	110.588	22.09.93	12:12	95	81	98	33	7.6	11.5	33		2	4	27	2	75.9
NW	5 4	78.451	110.366	22.09.93	16:10	85	79	90	28	11.0	19.6	28		2	2	17	9	109.8
NW	5 5	78.436	110.173	22.09.93	16:26	76	73	79	48	26.4	27.5	48		1.5	3	18	27	198.0
NW	5 6	78.392	109.987	22.09.93	16:44	69	66	73	59	26.7	22.7	59		1	7	43	9	133.9
NW	5 7	78.333	109.819	22.09.93	17:10	65	62	68	74	25.7	17.3	72	2	2.5	4	47	23	264.7
NW	5 8	78.262	109.671	22.09.93	17:32	59	56	62	80	30.8	19.3	80		2	1	61	18	308.8
NW	5 9	78.233	109.478	22.09.93	17:48	56	53	60	63	30.6	24.3	63		1.5	2	52	9	229.6
NW	5 10	78.231	109.271	22.09.93	18:04	51	48	53	27	20.9	38.6	27		0.5	9	18		52.1
NW	5 11	78.167	109.135	22.09.93	18:38	50	46	53	77	17.3	11.2	77		2	27	47	3	172.5
NW	5 12	78.100	109.002	22.09.93	19:20	60	50	160	54	23.9	22.2	52	2	2.5	15	31	8	250.9
W	11	77.655	98.649	19.07.95	21:08	101.5	90.5	112.0	9	12.9	71.6	7	2	3.5	2	4	3	179.0
W	13	77.624	99.033	19.07.95	21:50	114.5	112.5	117.2	3	4.6	76.6	3		2		3		46.0
W	14	77.623	99.229	19.07.95	22:08	101.5	98.5	105.5	1	0.8	40.2	1		1		1		4.0
W	15	77.637	99.409	19.07.95	22:24	107.0	104.5	110.0	4	11.7	145.6	3	1	3		3	1	160.2
W	16	77.659	99.606	19.07.95	22:42	110.0	107.5	114.5	9	17.7	98.3	9		1	3	6		88.5
W	17	77.678	99.809	19.07.95	23:00	114.5	113.4	116.7	2	6.8	171.2	2		1.2	1	1		41.1
W	18	77.690	99.998	19.07.95	23:16	113.5	109.6	115.5	13	32.2	123.7	13		2	6	7		321.6

Angaben zur Lokation									Angaben zu den Eisfurchen										
Region	Profil	Position		Datum	Zeit	Wassertiefe [m]			Anz.	Verh. [%]	Breite [m]	Einkerbtiefe [m]				Reliefenergie			Umlagrgs.-index [m²]
		Breite(N)	Länge(O)			mittl.	min.	max.				<=2	>2	>5	max.	gering	mittl.	hoch	
W	I 9	77.719	100.215	19.07.95	23:36	111.5	108.4	119.5	12	43.4	180.9	8	2	2	8	5	5	2	1013.0
W	I 10	77.748	100.391	19.07.95	23:54	122.5	111.5	129.5	11	36.3	151.3	6	4	1	5.5	1	8	2	764.1
W	I 12	77.816	100.780	20.07.95	0:34	145.0	142.5	146.6	1	3.1	152.9	1			1	1			15.3
W	I 15	77.851	101.378	20.07.95	1:24	139.0	136.5	142.5	2	3.6	89.3	2			1	2			17.9
W	I 16	77.847	101.577	20.07.95	1:40	140.5	137.0	140.9	1	4.4	220.6	1			1	1			22.1
W	I 20	77.870	102.375	20.07.95	2:42	120.5	114.5	127.0	7	33.3	238.1	4	2	1	6	4	3		785.7
W	I 21	77.883	102.564	20.07.95	2:58	109.6	106.5	116.1	8	17.8	111.2	8			1.8	7	1		155.7
W	I 22	77.903	102.760	20.07.95	3:16	110.5	106.5	170.9	3	7.3	121.5	3			2		3		72.9
SW	II 1	77.479	108.847	20.07.95	15:34	107.0	95.5	118.5	2	2.3	57.5	1	1		2.3	1	1		35.9
SW	II 2	77.448	109.040	20.07.95	15:48	88.5	75.0	95.5	3	43.4	723.9	2		1	5.5	1		2	1049.7
SW	II 3	77.420	109.240	20.07.95	16:02	82.0	76.6	88.0	8	22.4	140.2	6	2		5		4	4	364.5
SW	II 4	77.394	109.407	20.07.95	16:14	75.0	68.5	80.5	9	19.5	108.2	6	3		4		3	6	324.6
SW	II 5	77.366	109.607	20.07.95	16:28	67.5	64.5	71.6	12	19.6	81.5	8	4		3.9		4	8	322.9
SW	II 6	77.344	109.780	20.07.95	16:40	64.5	60.5	68.5	12	20.5	85.4	11	1		5	6	3	3	247.7
SW	II 7	77.319	109.983	20.07.95	16:54	59.5	56.0	62.9	18	26.9	74.7	10	5	3	8.9	1	8	9	722.3
SW	II 9	77.260	110.356	20.07.95	17:22	59.1	55.2	63.0	19	26.3	69.1	15	4		4	6	8	5	373.1
SW	II 10	77.225	110.529	20.07.95	17:36	54.5	46.5	65.3	24	22.9	47.7	20	3	1	5.5		5	19	341.1
SW	II 11	77.189	110.712	20.07.95	17:50	43.0	38.5	47.0	47	44.7	47.5	39	7	1	5.5	3	15	29	653.1
SW	II 12	77.154	110.891	20.07.95	18:04	37.0	35.5	41.0	38	36.6	48.2	36	2		3		4	34	395.2
SW	II 13	77.116	111.080	20.07.95	18:20	31.5	27.1	37.5	51	32.3	31.7	51			2	4	3	44	323.3
SW	II 14	77.081	111.245	20.07.95	18:34	30.0	26.5	33.5	24	17.8	37.0	24			1.8		4	20	159.8
SW	II 15	77.047	111.413	20.07.95	18:48	31.7	27.3	34.0	31	24.5	39.4	31			1.5	8	3	20	183.2
SW	II 16	77.008	111.604	20.07.95	19:04	36.5	35.0	39.3	44	27.1	30.8	40	4		4	8	14	22	320.3
SW	II 17	76.974	111.774	20.07.95	19:18	36.2	36.0	37.3	46	28.8	31.3	46			1.5	9	21	16	216.0
SW	II 18	76.940	111.945	20.07.95	19:32	36.3	35.8	37.1	19	12.4	32.6	19			1.3	8	7	4	77.4
SW	II 19	76.902	112.140	20.07.95	19:48	35.5	34.8	36.3	23	13.2	28.7	23			2	6	7	10	132.0
SW	II 20	76.868	112.306	20.07.95	20:02	34.9	33.5	36.3	30	16.6	27.7	30			1	6	18	6	83.1
SW	II 21	76.827	112.483	20.07.95	20:18	34.5	31.4	36.6	16	9.7	30.4	15	1		2.3	1	9	6	104.1
SW	II 22	76.786	112.662	20.07.95	20:34	31.8	29.5	36.5	5	4.0	40.0	5			2		3	2	40.0
SW	II 23	76.740	112.825	20.07.95	20:50	29.5	28.5	30.5	7	3.8	27.2	7			0.8	4	2	1	14.3
SW	II 24	76.695	112.980	20.07.95	21:06	26.5	24.9	29.1	6	3.3	27.6	6			0.5	5	1		8.3
SW	II 25	76.644	113.148	20.07.95	21:24	25.0	23.0	25.9	4	2.3	29.1	4			0.8	3	1		8.7
SW	II 26	76.598	113.303	20.07.95	21:40	24.6	22.9	25.5	7	4.4	31.3	7			0.8	4	3		16.4

Angaben zur Lokation									Angaben zu den Eisfurchen									
Region	Profil	Position		Datum	Zeit	Wassertiefe [m]			Anz.	Verh. [%]	Breite [m]	Einkerbtiefe [m]			Reliefenergie			Umlagrgs.-index [m²]
		Breite(N)	Länge(O)			mittl.	min.	max.				<=2	>2	>5	max.	gering	mittl.	
SW	II 27	76.554	113.461	20.07.95	21:56	23.0	22.4	23.9	6	3.7	30.9	6		0.5	2	4		9.3
SW	II 28	76.502	113.619	20.07.95	22:14	23.5	22.6	24.4	2	1.2	28.8	2		0.4	2			2.3
SW	II 30	76.378	113.892	20.07.95	22:56	25.3	24.4	26.3	6	1.5	12.6	6		0.8	2	1	3	5.7
SW	II 31	76.334	114.054	20.07.95	23:16	27.1	25.1	29.1	5	3.6	35.9	5		1	4	1		18.0
SW	II 32	76.302	114.227	20.07.95	23:34	34.1	25.5	37.1	15	13.0	43.4	15		1.5	9	4	2	97.7
SW	II 33	76.254	114.399	20.07.95	23:54	39.5	36.7	41.3	45	54.2	60.3	30	15	2.8	8	9	28	791.4
SW	II 34	76.244	114.599	21.07.95	0:10	43.4	40.4	44.6	40	37.7	47.1	29	11	3	8	14	18	532.2
SW	II 35	76.229	114.764	21.07.95	0:24	45.6	44.6	46.5	24	38.5	80.3	17	7	4.5	7	11	6	638.4
SW	II 36	76.198	114.956	21.07.95	0:42	44.3	42.5	46.0	33	26.2	39.6	33		1.5	9	14	10	196.0
SW	II 37	76.184	115.136	21.07.95	0:56	42.8	41.8	43.8	40	22.8	28.5	40		1	15	18	7	114.0
SW	II 38	76.167	115.301	21.07.95	1:10	42.4	41.5	43.3	45	25.1	27.9	45		1	14	22	9	125.6
SW	II 39	76.163	115.511	21.07.95	1:28	43.8	42.5	45.1	42	28.7	34.2	42		1.1	22	16	4	161.6
SW	II 40	76.144	115.682	21.07.95	1:46	44.4	43.5	45.7	51	27.4	26.8	51		1	24	20	7	136.7
SW	II 41	76.155	115.879	21.07.95	2:04	48.0	44.8	49.1	28	19.3	34.6	28		1.3	13	8	7	121.1
SW	II 42	76.191	116.046	21.07.95	2:24	48.4	46.1	51.5	20	13.1	32.7	20		1	15	2	3	65.4
SW	II 43	76.221	116.199	21.07.95	2:44	53.2	50.4	55.9	13	8.0	30.7	12	1	2.8	6	5	2	88.3
SW	II 44	76.225	116.389	21.07.95	3:00	54.0	53.2	54.7	11	26.9	122.4	7	4	3.3	1	5	5	428.4
SW	II 45	76.229	116.599	21.07.95	3:18	54.9	53.5	56.2	13	12.0	45.7	13		1.5	4.545	4.545	4	89.7
SW	II 46	76.237	116.785	21.07.95	3:34	53.9	53.8	54.0	10	10.2	50.9	10		1.3	6	4		63.6
SW	II 47	76.248	116.966	21.07.95	3:50	52.8	51.5	54.0	17	26.7	78.6	16	1	3	3	8	6	290.8
SW	II 48	76.257	117.155	21.07.95	4:10	51.5	50.0	54.0	16	26.6	83.1	8	8	5	2	1	13	598.3
SW	II 49	76.278	117.343	21.07.95	4:28	48.8	47.5	50.4	21	19.4	46.3	20	1	2.3	5	10	6	204.9
SW	II 50	76.304	117.523	21.07.95	4:46	49.8	48.7	50.8	8	7.4	46.6	7	1	3.8		6	2	92.0
SW	II 51	76.328	117.685	21.07.95	5:02	49.3	47.5	51.4	16	27.2	84.9	16		1.8	2	13	1	237.7
SW	II 52	76.358	117.878	21.07.95	5:22	49.5	48.0	51.9	10	7.2	36.0	10		1.3		10		45.0
SW	II 53	76.384	118.047	21.07.95	5:40	49.9	48.8	51.0	18	14.4	39.9	17	1	2.3		14	4	152.6
SW	II 54	76.412	118.234	21.07.95	6:00	49.0	48.5	49.4	19	17.0	44.8	19		1.6	4	13	2	138.3
SW	II 55	76.439	118.403	21.07.95	6:18	49.1	48.3	49.9	17	10.7	31.6	17		2	7	9	1	107.4
SW	II 56	76.466	118.594	21.07.95	6:38	50.5	49.8	51.3	8	6.6	41.3	8		1	5	3		33.0
SW	II 57	76.493	118.782	21.07.95	6:58	55.0	51.5	58.5	5	3.6	36.2	4	1	2.5	1	3	1	45.3
SW	II 58	76.517	118.956	21.07.95	7:16	60.0	58.5	61.5	3	2.9	47.7	3		1.8	1		2	25.0
SW	II 59	76.539	119.131	21.07.95	7:34	63.0	58.5	66.3	3	6.0	100.3	2	1	3.8			3	97.8
SW	I 4	77.553	106.539	29.08.93	8:10	62	56	76	7	15.7	112.0	2	5	4.5		3	4	408.8
SW	I 5	77.525	106.722	29.08.93	8:24	69	64	73	7	9.6	68.3	5	2	3	1	3	3	136.6

Angaben zur Lokation									Angaben zu den Eisfurchen										
Region	Profil	Position		Datum	Zeit	Wassertiefe [m]			Anz.	Verh. [%]	Breite [m]	Einkerbtiefe [m]				Reliefenergie			Umlagrs.-index [m²]
		Breite(N)	Länge(O)			mittl.	min.	max.				<=2	>2	>5	max	gering	mittl.	hoch	
SW	1 6	77.498	106.902	29.08.93	8:38	69	62	75	5	15.1	150.6	3		2	7	2	2	1	451.8
SW	1 7	77.484	107.112	29.08.93	8:56	70	59	81	8	19.1	119.6	6	2		4	5	1	2	287.0
SW	1 8	77.486	107.308	29.08.93	9:22	78	72	84	1	1.8	88.1	1			1		1		8.8
SW	1 9	77.482	107.513	29.08.93	10:00	79	71	86	1	1.8	89.7		1		5			1	62.8
SW	1 10	77.459	107.688	29.08.93	10:44	78	70	87	2	2.2	54.9		2		4		1	1	65.9
SW	1 11	77.411	107.866	29.08.93	11:36	66	61	76	9	15.5	86.2	7	2		4	1	6	2	224.1
SW	1 12	77.357	108.032	29.08.93	12:32	63	46	69	1	2.0	97.5		1		2.5		1		43.9
SW	1 13	77.320	108.205	29.08.93	13:22	62	57	67	14	26.2	93.4	7	5	2	6	2	9	3	663.1
SW	1 14	77.297	108.390	29.08.93	14:06	61	58	64	15	37.8	126.0	13	2		4		12	3	478.8
SW	1 15	77.273	108.657	29.08.93	14:32	62	55	69	14	19.9	71.0	11	3		5	2	10	2	305.3
SW	1 16	77.251	108.815	29.08.93	16:30	59	55	62	16	41.4	129.2	10	4	2	6.5	3	10	3	917.3
SW	1 17	77.246	109.006	29.08.93	16:54	65	58	72	7	38.9	277.6	5	1	1	7	1	6		805.0
SW	1 18	77.240	109.198	29.08.93	17:20	62	56	68	5	15.0	150.2	1	3	1	6	1	4		510.7
SW	1 19	77.224	109.392	29.08.93	17:54	62	58	68	5	18.5	185.5	2	2	1	6	2	2	1	538.0
SW	1 20	77.226	109.559	29.08.93	18:26	64	56	74	9	22.5	124.9	1	8		4		9		624.5
SW	1 21	77.225	109.735	29.08.93	18:48	59	56	63	12	27.5	114.7	1	9	2	7	1	2	9	1020.8
SW	1 22	77.211	109.932	29.08.93	19:10	61	56	68	5	5.3	52.8	5			2		5		52.8
SW	1 23	77.198	110.078	29.08.93	19:48	56	52	59	13	28.5	109.7	7	4	2	6.5	3	2	8	713.1
SW	1 24	77.195	110.280	29.08.93	20:22	53	51	58	21	30.8	73.4	7	9	5	6	2	8	11	968.9
SW	1 25	77.181	110.396	29.08.93	21:16	46	40	57	32	37.2	58.1	16	16		5	2	4	26	836.6
SW	1 26	77.114	110.545	29.08.93	21:42	42	40	44	74	67.5	45.6	28	34	12	6.5	1	3	70	1969.9
SW	1 27	77.068	110.721	29.08.93	22:06	37	33	40	33	50.2	76.0	18	15		3	6	8	19	843.6
SW	1 28	77.032	110.904	29.08.93	22:30	36	34	37	28	70.2	125.4	17	11		5	1	10	17	1391.9
SW	1 29	77.036	111.094	29.08.93	22:48	33	29	35	15	18.6	62.0	15			1.5	2	9	4	139.5
SW	1 30	77.041	111.290	29.08.93	23:04	33	28	40	17	21.6	63.5	15	2		3.5	8	6	3	260.4
SW	1 31	77.045	111.509	29.08.93	23:28	37	32	40	30	26.7	44.5	22	8		4.5	2	7	21	427.2
SW	1 32	77.048	111.701	29.08.93	23:44	41	40	42	10	36.8	183.8	10			2	4	3	3	367.6
SW	1 33	77.048	111.903	29.08.93		43	42	44	7	18.9	134.9	7			2		3	4	188.9
SW	1 34	77.054	112.100	30.08.93	0:24	45	43	47	20	46.1	115.3	17	3		3	1	8	11	565.0
SW	1 35	77.065	112.299	30.08.93	0:48	47	46	49	35	33.0	47.1	29	6		4	1	24	10	442.7
SW	1 36	77.066	112.364	30.08.93	2:38	51	48	53	7	25.9	185.1	6	1		4		7		333.2
SW	1 37	77.072	112.578	30.08.93	2:58	53	52	54	12	35.8	149.3	10	2		3.5	2	10		462.8
SW	1 38	77.073	112.763	30.08.93	3:14	53	52	54	7	10.4	74.0	7			1		1	6	51.8
SW	1 39	77.075	113.130	30.08.93	3:50	54	53	55	23	14.5	31.5	23			2	1	5	17	144.9

Angaben zur Lokation									Angaben zu den Eisfurchen										
Region	Profil	Position		Datum	Zeit	Wassertiefe [m]			Anz.	Verh. [%]	Breite [m]	Einkerbtiefe [m]				Reliefenergie			Umlagrsg.-index [m ²]
		Breite(N)	Länge(O)			mittl.	min.	max.				<=2	>2	>5	max.	gering	mittl.	hoch	
SW	1 40	77.073	113.367	30.08.93	4:08	54	53	55	14	17.6	62.9	14			0.5	2	12		44.0
SW	1 41	77.064	113.505	30.08.93	4:48	55	54	55	16	37.2	116.1	16			2	7	8	1	371.5
SW	1 42	77.043	113.691	30.08.93	5:16	55	54	56	8	8.1	50.5	8			0.5	1	6	1	20.2
SW	1 43	77.062	113.872	30.08.93	6:30	57	55	59	21	8.5	20.3	21			1	4	16	1	42.6
SW	1 44	77.011	114.021	30.08.93	7:46	58	57	59	7	9.9	70.7	7			1	1	6		49.5
SW	1 45	76.978	114.202	30.08.93	8:18	58	58	59	13	9.0	34.5	13			1	6	5	2	44.9
SW	1 46	76.951	114.374	30.08.93	8:52	59	58	59	7	9.8	69.7	7			1.5	4	3		73.2
SW	1 47	76.866	114.531	30.08.93	9:38	57	56	58	25	10.5	21.1	25			1	6	18	1	52.8
SW	1 48	76.770	114.657	30.08.93	10:16	56	55	56	12	11.5	48.0	12			1		5	7	57.6
SW	1 49	76.747	114.854	30.08.93	10:40	57	55	59	9	10.5	58.3	9			1	4	1	4	52.5
SW	1 50	76.743	115.036	30.08.93	11:00	58	58	59	7	28.9	206.7	4	3		3.5		5	2	506.4
SW	1 51	76.739	115.228	30.08.93	11:18	59	58	60	10	12.6	63.1	8	2		4.5	1	7	2	183.0
SW	1 53	76.723	115.611	30.08.93	11:50	60	59	61	13	18.0	69.2	11	2		3.5		11	2	228.4
SW	1 54	76.707	115.797	30.08.93	12:06	61	60	61	4	6.9	86.2	2	2		3		2	2	120.7
SW	1 55	76.696	115.992	30.08.93	12:24	60	60	61	8	11.1	69.4	6	2		3		4	4	152.7
SW	1 56	76.662	116.155	30.08.93	12:42	59	59	60	9	11.5	64.1	9			2	1	8		115.4
SW	1 57	76.633	116.333	30.08.93	13:00	59	58	59	14	21.1	75.4	9	4	1	6	1	7	6	429.8
SW	1 58	76.583	116.496	30.08.93	13:24	57	56	58	6	10.1	83.8	5	1		3		5	1	125.7
SW	1 59	76.566	116.683	30.08.93	13:54	56	56	56	9	10.5	58.2	6	3		4.5		4	5	183.3
SW	1 60	76.528	116.842	30.08.93	14:28	56	55	56	19	22.3	58.6	9	10		4.5	3	7	9	486.4
SW	1 61	76.502	117.046	30.08.93	14:52	55	55	55	10	16.3	81.7	9	1		4	1	2	7	196.1
SW	1 62	76.490	117.200	30.08.93	15:06	55	54	56	5	3.1	31.4	5			1			5	15.7
SW	1 63	76.470	117.398	30.08.93	15:22	51	48	55	7	11.2	80.3	7			0.5	2	4	1	28.1
SW	1 64	76.447	117.570	30.08.93	15:51	50	49	50	12	4.4	18.4	12			0.5	4	6	2	11.0
SW	1 65	76.445	117.694	30.08.93	17:16	49	48	50	11	15.1	68.5	11			1	1	5	5	75.4
SW	1 66	76.438	117.881	30.08.93	17:32	50	49	52	8	8.5	53.3	8			1	1	3	4	42.6
SW	1 67	76.417	118.060	30.08.93	17:48	50	49	51	15	9.9	32.9	15			0.5	1	13	1	24.7
SW	1 68	76.393	118.245	30.08.93	18:06	49	48	51	15	22.2	74.1	15			1	3	10	2	111.2
SW	1 69	76.371	118.411	30.08.93	18:20	50	48	52	7	5.3	38.1	7			0.5	3	2	2	13.3
SW	1 70	76.324	118.583	30.08.93	18:40	52	51	53	7	7.9	56.6	7			0.5	5	2		19.8
SW	1 71	76.272	118.745	30.08.93	19:06	53	52	53	6	5.3	44.3	6			0.5	2	4		13.3
SW	1 72	76.243	118.914	30.08.93	19:28	53	52	54	12	9.6	40.0	12			1	3	7	2	48.0
SW	1 73	76.202	119.074	30.08.93	19:48	55	53	56	5	4.1	40.9	4	1		2.5	1	1	3	51.1
SW	1 74	76.155	119.417	30.08.93	20:26	56	54	58	5	1.9	19.2	5			0.5	1	2	2	4.8

Angaben zur Lokation									Angaben zu den Eisfurchen									
Region	Profil	Position		Datum	Zeit	Wassertiefe [m]			Anz.	Verh. [%]	Breite [m]	Einkerbtiefe [m]			Reliefenergie			Umlagrgs.-index [m ²]
		Breite(N)	Länge(O)			mittl.	min.	max.				<=2	>2	>5	max.	gering	mittl.	
SW	1 75	76.099	119.577	30.08.93	20:54	59	58	60	3	2.9	47.9	3		0.5	2	1		7.2
SW	1 76	76.036	119.724	30.08.93	21:24	59	58	60	2	1.0	25.4	2		0.5		2		2.5
SW	1 77	75.923	119.832	30.08.93	22:12	54	50	58	7	3.1	22.5	7		0.5	7			7.9
SW	1 78	75.744	119.821	30.08.93	23:50	49	48	50	11	3.4	15.6	11		1	7	4		17.2
SW	1 79	75.787	119.721	31.08.93	6:00	48	47	48	4	1.0	12.4	4		1	1	2	1	5.0
SW	1 80	75.781	119.906	31.08.93	8:32	50	50	51	4	1.8	21.9	4		0.5	1		3	4.4
SW	1 81	75.749	120.074	31.08.93	8:54	50	49	52	3	1.5	25.7	3		0.5		2	1	3.9
SW	3 6	77.258	117.728	07.09.93	19:16	86	74	99	2	1.9	47.3	2		1			2	9.5
SW	3 7	77.235	117.553	07.09.93	19:34	73	69	77	3	12.2	203.9	2	1	4	1	2		203.9
SW	3 8	77.226	117.377	07.09.93	19:52	70	69	71	6	5.5	45.9	6		1	4	1	1	27.5
SW	3 9	77.224	117.183	07.09.93	20:34	73	70	76	7	21.5	153.7	7		0.5	2	4	1	53.8
SW	3 10	77.240	116.997	07.09.93	21:02	71	68	75	7	4.7	33.7	6	1	3			7	57.3
SW	3 11	77.244	116.938	07.09.93	21:42	69	67	70	3	16.5	274.4	2		1	6.5	1	1	425.3
SW	3 12	77.220	116.882	19.09.93	0:58	67	66	69	13	8.7	33.3	10	2	1	5.5	1	2	148.2
SW	3 13	77.242	116.699	19.09.93	1:36	68	66	70	8	7.9	49.5	6	2	2.5		4	4	104.0
SW	3 14	77.229	116.514	19.09.93	1:56	72	66	78	2	2.8	69.4	1	1	2.5	1		1	45.1
SW	3 15	77.242	116.303	19.09.93	2:26	72	65	79	15	16.2	54.1	11	4	4.5	4	2	9	259.7
SW	3 16	77.297	116.293	19.09.93	3:32	67	66	69	7	4.4	31.5	6	1	2.5	3	2	2	52.0
SW	3 17	77.332	116.203	19.09.93	4:24	72	69	75	4	4.6	57.2	3	1	4	3		1	68.6
SW	3 18	77.397	116.023	19.09.93	5:18	77	73	82	3	7.0	117.3	3			1	2		
SW	3 19	77.442	115.859	19.09.93	6:12	73	70	76	2	1.2	30.5	2		1		2		6.1
SW	3 20	77.456	115.683	19.09.93	6:46	72	71	74	3	1.5	24.6	3		1		3		7.4
SW	3 21	77.444	115.496	19.09.93	7:14	72	70	75	2	0.8	18.8	2		1		2		3.8
SW	3 22	77.458	115.342	19.09.93	8:32	69	67	71	22	43.5	98.8	16	6	3.5	3	14	5	642.2
SW	3 23	77.457	115.127	19.09.93	9:18	66	65	68	11	12.7	57.9	10	1	3		10	1	144.8
SW	3 24	77.453	114.950	19.09.93	10:00	65	63	66	24	9.5	19.8	24		1.5	2	7	15	71.3
SW	3 25	77.481	114.861	19.09.93	10:38	65	64	66	14	19.6	70.2	13	1	2.5		8	6	214.1
SW	3 26	77.486	114.683	19.09.93	11:02	65	64	66	20	20.7	51.7	18	2	2.5		12	8	232.7
SW	3 27	77.517	114.501	19.09.93	11:34	67	64	69	14	13.9	49.6	13	1	2.5	3	6	5	151.3
SW	3 28	77.524	114.344	19.09.93	12:42	67	64	70	22	18.0	40.9	21	1	2.5	3	9	10	190.2
SW	3 29	77.512	114.192	19.09.93	13:50	65	63	72	16	18.2	56.9	13	3	3	1	10	5	233.3
SW	3 30	77.513	113.996	19.09.93	14:20	69	64	75	11	9.8	44.4	11		2	2	7	2	97.7
SW	3 31	77.518	113.808	19.09.93	14:54	72	71	74	8	6.9	43.2	8		1.5	4	3	1	51.8
SW	3 32	77.538	113.578	19.09.93	15:28	72	71	73	13	13.4	51.6	13		1	2	9	2	67.1

Angaben zur Lokation									Angaben zu den Eisfurchen										
Region	Profil	Position		Datum	Zeit	Wassertiefe [m]			Anz.	Verh. [%]	Breite [m]	Einkerbtiefe [m]				Reliefenergie			Umlagrgs.-index [m²]
		Breite(N)	Länge(O)			mittl.	min.	max.				<=2	>2	>5	max.	gering	mittl.	hoch	
SW	3 33	77.558	113.378	19.09.93	16:08	75	73	77	4	5.6	70.5	4		0.5	1	2	1	14.1	
SW	3 34	77.590	113.265	19.09.93	16:40	78	75	80	5	4.5	45.0	5		1	2	2	1	22.5	
SW	3 35	77.611	113.073	19.09.93	17:06	77	75	79	8	6.7	42.0	8		0.5	4	3	1	16.8	
SW	3 36	77.647	112.886	19.09.93	17:22	82	79	86	7	6.9	49.4	6	1	3		4	3	84.0	
SW	3 37	77.659	112.704	19.09.93	17:36	87	82	93	2	2.1	52.0	2		0.5	1		1	5.2	
SW	3 38	77.680	112.523	19.09.93	17:50	93	92	94	8	7.0	43.8	8		0.5	3	4	1	17.5	
SW	3 39	77.698	112.325	19.09.93	18:06	94	92	247	5	8.4	83.5	5		2	1	3	1	83.5	
S	IV 121	76.613	130.707	31.07.95	15:18	58.9	58.6	59.3	5	3.1	30.7	5		1.3	1	4		19.6	
S	IV 122	76.536	130.608	31.07.95	15:46	58.6	58.0	59.3	2	12.4	310.7	2		0.9	1	1		54.4	
S	IV 126	76.218	130.253	31.07.95	17:40	54.6	53.6	55.6	1	0.2	10.7	1		0.3	1			0.3	
S	IV 128	76.056	130.091	31.07.95	18:38	53.5	53.8	53.3	1	0.7	33.6	1		0.2	1			0.7	
S	IV 129	75.997	129.965	31.07.95	20:44	52.9	52.8	53.0	16	4.1	12.8	16		0.3	14	2		5.1	
S	IV 132	76.275	130.023	31.07.95	22:40	55.4	54.5	56.2	1			1		0.4	1				
S	IV 133	76.371	130.024	31.07.95	23:14	57.5	56.5	58.5	1			1		0.4	1				
S	IV 134	76.471	129.977	31.07.95	23:50	59.6	58.5	60.8	2	0.7	16.8	2		0.3	2			0.8	
S	IV 135	76.577	129.977	01.08.95	0:28	63.5	61.5	65.4	2	2.8	68.9	2		0.2	2			3.1	
S	IV 136	76.667	129.999	01.08.95	1:00	65.5	64.9	66.1	2	2.1	52.6	2		0.3	2			2.6	
S	IV 137	76.756	130.003	01.08.95	1:32	66.1	65.7	66.4	2	3.8	95.1	2		0.5	2			9.5	
S	1 87	75.571	121.057	31.08.93	11:20	54	53	56	1	0.5	25.6	1		0.2	1			0.5	
S	1 95	75.622	122.602	31.08.93	14:04	52	51	53	1	0.5	23.1	1		0.5		1		1.2	
S	1 97	75.624	123.001	31.08.93	14:42	48	47	48	2	1.2	29.6	2		0.5		2		3.0	
S	1 98	75.634	123.191	31.08.93	15:00	47	46	48	1	0.9	44.3	1		0.5		1		2.2	
S	1 99	75.646	123.400	31.08.93	15:20	45	44	47	3	2.2	37.4	3		0.2	3			2.2	
S	1 101	75.686	123.811	31.08.93	16:00	46	44	47	2	1.7	42.1	2		0.5	2			4.2	
S	1 102	75.707	124.019	31.08.93	16:20	47	47	48	1	1.3	65.4	1		0.5		1		3.3	
S	1 103	75.729	124.229	31.08.93	16:40	49	48	50	1	0.3	15.5	1		0.5		1		0.8	
S	1 106	75.812	125.145	31.08.93	18:06	48	47	49	1	0.5	22.6	1		0.5			1	1.1	
S	1 107	75.828	125.339	31.08.93	18:24	48	47	48	1	0.8	37.9	1		0.5			1	1.9	
S	1 108	75.842	125.537	31.08.93	18:42	48	48	48	1	0.8	37.7	1		0.5		1		1.9	
S	1 109	75.859	125.760	31.08.93	19:02	47	47	48	3	2.9	48.1	3		0.5	1	2		7.2	
S	1 110	75.874	125.961	31.08.93	19:20	49	47	50	1	6.0	300.7	1		0.5		1		15.0	
S	1 113	75.922	126.553	31.08.93	20:14	47	47	48	3	5.1	85.3	3		0.2	3			5.1	
S	1 117	75.999	127.391	31.08.93	21:32	46	46	47	1	0.8	41.8	1		0.5		1		2.1	

Angaben zur Lokation										Angaben zu den Eisfurchen									
Region	Profil	Position		Datum	Zeit	Wassertiefe [m]			Anz.	Verh. [%]	Breite [m]	Einkerbtiefe [m]				Reliefenergie			Umlagrgs.-index [m ²]
		Breite(N)	Länge(O)			mittl.	min.	max.				<=2	>2	>5	max.	gering	mittl.	hoch	
S	1 119	76.035	127.786	31.08.93	22:08	48	46	49	1	1.2	61.0	1		0.5		1	3.1		
S	1 121	76.071	128.200	31.08.93	22:44	48	47	49	2	1.4	35.0	2		0.2	1	1	1.4		
S	1 122	76.084	128.397	31.08.93	23:02	47	45	49	2	1.8	44.1	2		0.2		2	1.8		
S	1 124	76.116	128.793	31.08.93	23:38	50	48	51	2	1.4	36.1	2		0.2		2	1.4		
S	1 125	76.133	129.010	31.08.93	23:58	52	51	52	1	1.7	86.5	1		0.2	1		1.7		
S	1 126	76.148	129.205	01.09.93	0:16	53	52	54	1	3.1	152.6	1		0.2	1		3.1		
S	1 127	76.162	129.400	01.09.93	0:34	55	54	55	3	15.5	258.3	3		0.5	3		38.7		
S	1 128	76.177	129.614	01.09.93	0:54	55	54	55	1	1.9	92.7	1		0.2	1		1.9		
S	1 131	76.228	130.218	01.09.93	1:52	54	54	54	2	1.0	23.8	2		0.2		2	1.0		
S	1 133	76.264	130.630	01.09.93	2:32	53	53	54	2	1.1	27.7	2		1		2	5.5		
S	1 134	76.283	130.834	01.09.93	2:52	52	51	53	2	1.5	36.7	2		1		2	7.3		
S	1 135	76.302	131.040	01.09.93	3:12	50	49	51	4	2.8	35.3	4		1		4	14.1		
S	1 136	76.320	131.242	01.09.93	3:32	49	48	50	4	6.9	85.8	4		2	2	2	68.6		
S	1 137	76.360	131.691	01.09.93	4:16	49	48	49	14	11.0	39.5	9	5	3.5		11	3	179.7	
S	1 138	76.378	131.878	01.09.93	4:34	49	48	49	7	6.4	45.9	7		2	1	5	1	64.3	
S	1 139	76.398	132.091	01.09.93	4:54	49	48	50	5	10.9	109.1	3	2	3.5	1	2	2	185.5	
S	1 140	76.416	132.284	01.09.93	5:12	51	49	54	4	7.9	98.4	4		2		2	2	78.7	
S	1 141	76.436	132.498	01.09.93	5:32	52	50	54	4	8.1	101.0	4		1	1	1	2	40.4	
SO	III 16	77.435	132.921	23.07.95	3:38	60.9	58.8	62.9	6	27.0	224.8	1	5	4.5		1	5	775.6	
SO	III 17	77.425	133.118	23.07.95	4:00	56.5	55.9	57.0	3	16.7	278.1		3	4.1			3	511.0	
SO	III 18	77.420	133.294	23.07.95	4:18	55.3	54.8	55.8	4	14.1	176.6	2	1	6.9		2	2	404.0	
SO	III 19	77.401	133.481	23.07.95	4:38	54.4	53.6	55.2	9	20.2	112.5	3	6	4.1	1	1	7	480.9	
SO	III 20	77.413	133.570	23.07.95	5:04	54.6	53.3	55.9	17	14.0	41.2	13	4	2.8	7	2	8	185.4	
SO	III 21	77.501	133.639	23.07.95	6:06	57.0	55.8	58.2	14	14.3	51.2	8	6	3.1	2	3	9	239.4	
SO	III 22	77.501	133.833	23.07.95	6:24	57.0	56.5	57.6	7	8.7	62.2	7		1.8	2	2	3	76.2	
SO	III 23	77.492	134.034	23.07.95	6:46	56.5	56.0	56.9	5	14.7	147.2	2	3	4		1	4	323.8	
SO	III 24	77.482	134.220	23.07.95	7:00	55.7	55.3	56.1	11	30.9	140.5	6	5	2.8	1	1	9	502.3	
SO	III 25	77.472	134.420	23.07.95	7:16	55.0	54.7	55.3	1	1.6	77.7	1					1		
SO	IV 90	77.323	136.197	30.07.95	21:54	44.1	43.7	44.5	12	27.4	114.4	5	7	2.8	1	1	10	494.8	
SO	IV 91	77.310	136.010	30.07.95	22:18	44.7	44.5	44.9	7	34.4	245.5	7		1.5	1	1	5	257.8	
SO	IV 92	77.293	135.814	30.07.95	22:44	45.4	44.8	45.9	12	20.7	86.1	11	1	2.3	5	3	4	226.0	
SO	IV 93	77.280	135.619	30.07.95	23:10	45.9	45.7	46.1	13	29.8	114.5	12	1	3.5	7	1	5	337.8	
SO	IV 94	77.269	135.440	30.07.95	23:34	46.1	45.7	46.4	5	18.0	179.5	4	1	2.2		1	4	219.0	

Angaben zur Lokation									Angaben zu den Eisfurchen									
Region	Profil	Position		Datum	Zeit	Wassertiefe [m]			Anz.	Verh. [%]	Breite [m]	Einkerbtiefe [m]			Reliefenergie			Umlagrgs.-index [m ²]
		Breite(N)	Länge(O)			mittl.	min.	max.				<=2	>2	>5	max.	gering	mittl.	
SO	IV 95	77.258	135.229	31.07.95	0:02	46.2	46.5	45.9	13	13.0	50.1	13		1.5	1	8	4	97.7
SO	IV 96	77.250	135.043	31.07.95	0:46	46.0	45.5	46.4	17	28.4	83.4	15	2	3.8	1	7	9	346.1
SO	IV 97	77.232	134.886	31.07.95	3:50	45.5	45.0	46.0	14	20.8	74.3	14		0.8	3	4	7	78.0
SO	IV 98	77.207	134.635	31.07.95	4:14	44.6	44.1	45.0	13	16.6	63.7	13		0.8	1	5	7	62.1
SO	IV 99	77.190	134.447	31.07.95	4:30	44.7	44.1	45.3	14	19.8	70.7	14		1.9	1	4	9	185.6
SO	IV 100	77.174	134.255	31.07.95	4:46	43.7	43.1	44.2	11	15.7	71.2	11		1.8		3	8	137.1
SO	IV 101	77.155	134.078	31.07.95	5:02	42.8	42.6	43.1	13	25.5	98.0	13		0.8	2	2	9	95.6
SO	IV 102	77.146	133.874	31.07.95	5:18	42.5	42.0	43.0	15	31.2	104.0	15		1	1	6	8	156.0
SO	IV 103	77.138	133.697	31.07.95	5:32	42.8	42.7	44.4	14	26.4	94.1	14		0.8		7	7	98.8
SO	IV 104	77.126	133.496	31.07.95	5:48	44.0	43.6	44.4	9	17.4	96.5	9		0.8	1	1	7	65.1
SO	IV 105	77.109	133.300	31.07.95	6:04	44.2	43.5	44.9	8	7.1	44.3	8		1		1	7	35.4
SO	IV 106	77.093	133.104	31.07.95	6:20	43.7	43.3	44.1	9	10.4	57.9	9		1		1	8	50.8
SO	IV 107	77.078	132.935	31.07.95	6:34	43.3	42.9	43.7	16	9.1	28.5	16		1	1	1	14	45.6
SO	IV 108	77.062	132.745	31.07.95	6:50	40.6	38.5	42.7	19	14.0	36.9	19		1.3	2	13	4	87.6
SO	IV 109	77.047	132.555	31.07.95	7:06	41.5	37.6	42.9	24	13.8	28.7	23	1	2.3	2	10	12	144.2
SO	IV 110	77.031	132.365	31.07.95	7:22	41.7	37.9	45.4	30	20.7	34.6	30		0.3	14	13	3	26.0
SO	IV 111	77.016	132.164	31.07.95	7:40	46.2	44.7	47.7	20	20.2	50.6	20		1.3		5	15	129.0
SO	IV 112	77.000	131.984	31.07.95	8:44	49.3	47.6	50.9	5	5.0	50.4	4	1	2.3		3	2	61.7
SO	IV 113	76.981	131.793	31.07.95	9:10	51.7	50.9	52.5	4	4.7	58.6	3	1	2.5			4	61.5
SO	IV 114	76.959	131.604	31.07.95	9:36	53.5	51.5	55.5	5	9.5	94.5	4	1	2.3	3		2	115.8
SO	IV 115	76.935	131.464	31.07.95	11:38	55.8	54.7	56.9	4	2.1	26.6	4		0.5	2	2		5.2
SO	IV 116	76.914	131.273	31.07.95	12:04	58.4	56.3	60.4	5	12.2	122.0	5		1.3	4	1		76.3
SO	IV 118	76.839	131.018	31.07.95	13:54	61.7	59.1	64.3	1	2.1	105.0	1		0.8	1			7.9
SO	IV 119	76.762	130.927	31.07.95	14:22	58.9	58.5	59.3	3	2.1	35.4	2	1	2.3	1	1	1	29.2
SO	IV 120	76.687	130.823	31.07.95	14:50	58.9	58.6	59.3	2	2.2	56.0	1	1	3	1	1		39.2
SO	1 142	76.456	132.710	01.09.93	5:52	47	44	50	3	2.1	35.8	3		0.8		3		8.1
SO	1 143	76.476	132.918	01.09.93	6:12	43	41	44	9	6.3	35.2	9		1.1	3	2	4	34.8
SO	1 144	76.495	133.111	01.09.93	6:30	40	39	41	23	39.0	84.8	23		2	2	11	10	390.1
SO	1 145	76.496	133.253	01.09.93	7:14	39	38	39	29	26.3	45.4	29		1	5	10	14	131.7
SO	1 146	76.530	133.328	01.09.93	10:24	38	37	38	49	17.5	17.9	46	3	4	2	26	21	196.9
SO	1 147	76.657	133.207	01.09.93	14:50	39	39	39	98	23.0	11.7	94	4	3.5	5	55	38	245.7
SO	1 148	76.862	133.149	01.09.93	16:04	40	38	42	89	19.6	11.0	83	6	3	2	28	59	215.6
SO	1 149	77.041	133.075	01.09.93	17:08	43	41	44	78	15.9	10.2	78		1	2	32	44	79.6
SO	1 150	77.249	133.006	01.09.93	18:20	49	44	53	64	27.1	21.2	52	12	3	3	9	52	347.7

Angaben zur Lokation										Angaben zu den Eisfurchen									
Region	Profil	Position		Datum	Zeit	Wassertiefe [m]			Anz.	Verh. [%]	Breite [m]	Einkerbtiefe [m]				Reliefenergie			Umlagrgs.-index [m ²]
		Breite(N)	Länge(O)			mittl.	min.	max.				<=2	>2	>5	max.	gering	mittl.	hoch	
SO	1 151	77.475	133.161	01.09.93	19:40	57	53	60	35	9.1	12.9	11	18	6	8	1	3	31	291.5
SO	1 152	77.607	133.417	01.09.93	20:30	60	60	60	6	16.0	133.1	6			2	2	2	2	159.7
SO	1 153	77.650	133.651	01.09.93	20:54	61	60	61	7	7.4	52.9	6	1		2.5	1	5	1	87.3
SO	1 154	77.687	133.859	01.09.93	21:14	62	61	63	8	10.0	62.7	2	6		3		4	4	213.2
SO	1 155	77.843	133.920	01.09.93	22:08	66	62	70	9	5.6	31.4	7	2		2.5	1	6	2	72.2
SO	1 156	77.937	133.780	01.09.93	22:40	72	69	75	5	6.2	61.6	5			1.5	3	2		46.2
SO	2 3	77.902	133.599	06.09.93	10:04	71	69	74	1	0.8	38.5	1			0.4	1			1.5
SO	2 4	77.813	133.631	06.09.93	10:58	66	64	68	3	1.8	29.8	2	1		2.5		3		25.3
SO	2 5	77.724	133.665	06.09.93	11:50	62	61	64	4	3.2	40.0	4			2		3	1	32.0
SO	2 6	77.649	133.600	06.09.93	13:36	61	60	62	10	10.8	53.9	10			2		5	5	107.8
SO	2 7	77.562	133.639	06.09.93	14:22	59	58	60	11	7.0	31.7	7	4		3.5	1	5	5	114.1
SO	2 8	77.472	133.607	06.09.93	15:06	56	55	58	21	14.3	34.1	3	16	2	9	1	2	18	497.9
SO	2 9	77.399	133.546	06.09.93	20:12	54	53	55	27	18.3	33.9	13	14		3.5	4	1	22	349.2
SO	2 10	77.338	133.108	06.09.93	20:44	52	52	53	15	14.4	48.0	14	1		2.5	2		13	156.0
SO	2 11	77.272	132.955	06.09.93	21:08	51	50	52	14	16.2	58.0	13	1		2.5	3		11	176.9
SO	2 12	77.233	132.656	06.09.93	21:30	50	50	51	15	12.5	41.6	13	2		2.5	3	2	10	145.6
SO	2 13	77.202	132.364	06.09.93	21:50	51	50	51	12	24.9	103.6	12			2	8	1	3	248.6
SO	2 14	77.177	132.131	06.09.93	22:06	52	51	53	12	13.4	55.8	11	1		2.5	5	2	5	147.9
SO	2 15	77.148	131.882	06.09.93	22:24	54	53	55	13	18.1	69.5	12	1		3.5	5	5	3	205.0
SO	2 16	77.122	131.656	06.09.93	22:40	57	55	59	4	3.0	37.7	4			1.5			4	22.6
SO	2 17	77.095	131.434	06.09.93	22:56	59	59	60	4	2.1	26.6	4			1.5		1	3	16.0
O	III 44	77.673	138.103	23.07.95	12:58	51.5	51.0	51.9	3	5.8	96.8	2	1		2.5	1		2	82.3
O	III 45	77.682	138.298	23.07.95	13:16	51.5	51.1	51.9	2	3.0	76.1	1	1		2.8			2	51.4
O	III 46	77.691	138.492	23.07.95	13:34	50.9	50.7	51.1	5	15.2	152.1	3	2		2.8	1	1	3	235.8
O	III 47	77.700	138.686	23.07.95	13:52	50.6	50.2	51.0	7	10.5	75.0	6	1		2.8	3	2	2	125.6
O	III 48	77.709	138.884	23.07.95	14:10	50.3	50.1	50.4	1	3.8	191.7		1		2.5			1	86.3
O	III 49	77.719	139.098	23.07.95	14:30	50.1	49.8	50.4	5	5.5	55.5	5			1	1	2	2	27.8
O	III 50	77.729	139.289	23.07.95	14:48	50.0	49.5	50.4	3	6.3	104.2	3			1.7	1		2	53.1
O	III 51	77.738	139.478	23.07.95	15:06	50.1	50.0	50.3	14	19.3	68.9	14			1.8	5	2	7	168.8
O	III 52	77.748	139.673	23.07.95	15:24	49.9	49.5	50.3	7	10.1	72.3	7			0.8	6	1		38.0
O	III 53	77.755	139.871	23.07.95	15:42	49.8	49.2	50.3	7	7.8	56.0	7			0.4	3	4		14.7
O	III 54	77.766	140.070	23.07.95	16:00	49.4	49.1	49.7	15	10.4	34.6	15			0.3	7	8		13.0
O	III 55	77.779	140.271	23.07.95	16:18	49.4	49.1	49.7	20	28.2	70.5	20			1	14	1	5	141.0

Angaben zur Lokation									Angaben zu den Eisfurchen									
Region	Profil	Position		Datum	Zeit	Wassertiefe [m]			Anz.	Verh. [%]	Breite [m]	Einkerbtiefe [m]			Reliefenergie			Umlagrgs.-index [m ²]
		Breite(N)	Länge(O)			mittl.	min.	max.				<=2	>2	>5	max.	gering	mittl.	
O	III 56	77.791	140.472	23.07.95	16:36	49.5	49.2	49.8	10	19.4	97.0	10		0.5	8	2		48.5
O	III 57	77.804	140.671	23.07.95	16:54	48.5	47.5	49.5	15	12.1	40.3	15		0.4	11	2	2	22.7
O	III 58	77.816	140.849	23.07.95	17:10	48.0	47.8	48.1	9	17.7	98.5	9		0.4	1	5	3	33.2
O	III 59	77.826	141.052	23.07.95	17:28	48.0	47.7	48.3	15	18.2	60.8	15		0.3	8	7		28.5
O	III 60	77.835	141.261	23.07.95	17:46	48.5	47.9	49.0	14	9.5	34.0	14		0.3	4	9	1	11.9
O	III 61	77.844	141.451	23.07.95	18:02	49.5	48.7	50.2	13	10.4	39.9	13		0.2	6	4	3	10.4
O	III 62	77.850	141.642	23.07.95	18:18	49.8	48.9	50.6	19	15.0	39.5	19		0.3	7	6	6	18.8
O	III 63	77.859	141.857	23.07.95	18:36	49.3	48.6	49.9	13			13		0.5		2	11	
O	III 64	77.878	142.238	23.07.95	19:08	50.0	49.5	50.4	16	25.4	79.3	16		0.3	6	6	4	31.7
O	III 65	77.886	142.435	23.07.95	19:24	50.2	49.9	50.4	25	19.8	39.6	25		0.2	9	6	10	18.6
O	III 66	77.894	142.634	23.07.95	19:40	50.3	50.0	50.6	18	14.5	40.4	18		0.6	4	6	8	45.5
O	III 67	77.904	142.829	23.07.95	19:56	50.6	50.0	51.1	9	8.5	47.1	9		0.2	6	3		6.4
O	III 68	77.916	143.023	23.07.95	20:16	51.5	50.5	52.5	11	8.2	37.4	11		0.2	5	4	2	9.3
O	III 70	77.935	143.410	23.07.95	21:16	53.1	52.8	53.5	6	4.7	39.0	6		0.3	2	1	3	5.9
O	III 71	77.939	143.615	23.07.95	21:46	52.6	52.5	52.8	10	7.9	39.3	10		0.3	4	3	3	9.8
O	III 72	77.942	143.804	23.07.95	22:14	52.8	52.5	53.0	11	8.9	40.4	11		0.6			11	24.4
O	III 73	77.952	144.008	23.07.95	22:46	52.9	52.6	53.3	10	8.8	43.9	10		0.4	3		7	19.2
O	III 74	77.961	144.209	23.07.95	23:20	53.1	52.8	53.4	5	4.4	43.6	5		0.2	3		2	3.8
O	III 75	77.972	144.408	23.07.95	23:54	53.9	52.5	55.3	11	8.5	38.6	11		0.3	1	2	8	11.7
O	III 76	77.981	144.578	24.07.95	0:24	54.4	53.7	55.0	2	1.6	40.4	2		0.5	1	1		3.6
O	III 77	77.990	144.779	24.07.95	1:00	54.5	53.8	55.3	4	2.4	30.5	4		0.5		1	3	5.5
O	III 78	78.023	144.886	24.07.95	1:38	55.1	53.7	56.5	6	1.9	16.0	6		0.2	1	2	3	1.9
O	III 79	78.012	144.950	24.07.95	5:44	54.5	53.6	55.3	15	2.9	9.7	15		0.5	2	9	4	7.3
O	III 80	78.055	144.950	24.07.95	8:32	55.2	53.4	56.9	3	0.9	14.8	3		0.3	1	1	1	1.2
O	IV 60	77.983	139.966	29.07.95	18:20	53.9	53.2	54.5	16	7.6	23.9	16		0.4	2	14		16.7
O	IV 61	77.977	139.868	29.07.95	20:00	53.9	53.2	54.5	33	14.2	21.6	33		0.5	23	10		35.6
O	IV 62	78.038	139.852	30.07.95	0:56	54.3	54.0	54.6	20	22.2	55.6	20		0.5	14	6		55.6
O	IV 63	77.998	140.026	30.07.95	2:16	53.6	52.6	54.5	27	11.7	21.7	27		0.5	17	10		29.3
O	IV 64	77.937	140.026	30.07.95	6:20	52.8	51.5	54.0	12	7.6	31.6	12		0.6	6	6		23.5
O	IV 65	77.849	139.987	30.07.95	7:04	50.6	49.6	51.5	32	10.3	16.2	32		0.8	24	8		39.3
O	IV 66	77.760	139.960	30.07.95	7:50	49.9	48.8	50.9	30	11.3	18.8	30		1	16	14		58.3
O	IV 67	77.671	139.947	30.07.95	8:40	47.6	45.7	49.5	41	14.0	17.1	41		1.8	12	17	12	122.7
O	IV 68	77.582	139.966	30.07.95	9:34	44.0	42.0	46.0	56	17.9	16.0	56		1.3	9	47		112.0
O	IV 69	77.512	139.997	30.07.95	11:22	41.1	39.6	42.5	73	15.9	10.9	73		0.6	17	56		49.7

Angaben zur Lokation									Angaben zu den Eisfurchen									
Region	Profil	Position		Datum	Zeit	Wassertiefe [m]			Anz.	Verh. [%]	Breite [m]	Einkerbtiefe [m]			Reliefenergie			Umlagrsg.-index [m ²]
		Breite(N)	Länge(O)			mittl.	min.	max.				<=2	>2	>5	max.	gering	mittl.	
O	IV 70	77.498	140.101	30.07.95	14:10	40.5	40.0	40.9	25	10.9	21.8	25		0.5	1	8	16	27.3
O	IV 71	77.492	139.906	30.07.95	14:38	39.6	39.0	40.1	56	24.9	22.3	56		1.7	13	39	4	215.3
O	IV 72	77.483	139.709	30.07.95	15:06	39.5	38.6	40.3	58	25.6	22.0	58		0.3	13	40	5	35.1
O	IV 73	77.469	139.510	30.07.95	15:34	39.1	38.3	40.0	44	19.9	22.6	44		0.6	15	21	8	62.2
O	IV 74	77.455	139.329	30.07.95	16:00	39.5	38.5	40.5	67	32.8	24.5	67		1.8	5	53	9	287.3
O	IV 75	77.447	139.132	30.07.95	16:26	39.9	39.2	40.5	53	37.7	35.6	53		1.3	2	47	4	235.9
O	IV 76	77.435	138.941	30.07.95	16:50	40.2	39.9	40.5	43	33.6	39.0	42	1	2.1	3	31	9	343.7
O	IV 77	77.424	138.722	30.07.95	17:16	40.5	39.5	41.5	50	27.6	27.6	50		1.8	4	37	9	241.5
O	IV 78	77.417	138.517	30.07.95	17:40	40.6	40.3	41.0	42	25.7	30.6	42		1.8	9	24	9	224.9
O	IV 79	77.411	138.321	30.07.95	18:02	40.6	40.3	41.0	56	44.7	39.9	56		2	6	39	11	446.9
O	IV 80	77.406	138.136	30.07.95	18:22	41.4	40.6	42.3	42	32.5	38.7	42		1.8	6	27	9	284.4
O	IV 81	77.400	137.932	30.07.95	18:44	41.2	40.8	41.5	45	35.6	39.6	45		1.8	4	32	9	311.9
O	IV 82	77.389	137.749	30.07.95	19:04	41.4	41.1	41.8	49	39.1	39.9	49		2	4	37	8	391.0
O	IV 83	77.376	137.546	30.07.95	19:26	42.0	41.5	42.4	35	36.1	51.6	33	2	2.5	3	27	5	387.3
O	IV 84	77.365	137.358	30.07.95	19:46	42.4	41.5	43.3	45	41.5	46.1	45		1.8	2	31	12	363.0
O	IV 85	77.358	137.166	30.07.95	20:06	41.8	41.0	42.5	39	33.2	42.5	39		1.8	4	24	11	290.1
O	IV 86	77.353	136.975	30.07.95	20:26	42.0	41.6	42.4	24	20.9	43.6	24		2	1	19	4	209.3
O	IV 87	77.348	136.769	30.07.95	20:48	42.3	42.0	42.5	22	20.2	46.0	22		1.8	1	16	5	177.1
O	IV 88	77.344	136.585	30.07.95	21:08	42.8	42.3	43.4	10	22.1	110.4	9	1	2.8	2	3	5	251.2
O	IV 89	77.336	136.391	30.07.95	21:30	43.6	43.2	44.0	17	22.3	65.5	13	4	4.5	8	2	7	340.6
NO	IV 1	79.205	147.432	26.07.95	5:30	174.6	158.3	190.8	19	28.7	75.5	9	10	5	5	14		664.4
NO	IV 2	79.285	147.582	26.07.95	7:06	173.0	165.5	188.5	9	14.5	80.6	6	3	4.5	4	5		253.9
NO	IV 3	79.352	147.656	26.07.95	8:48	175.5	163.5	187.5	15	14.6	48.5	10	4	6	13	2		286.2
NO	IV 4	79.395	147.835	26.07.95	10:32	192.2	186.8	197.5	8	31.8	198.8	4	4	3.5	8			596.4
NO	IV 5	79.396	147.831	26.07.95	10:52	192.5	191.5	193.5	5	32.1	320.8	5		1	2	3		160.4
NO	IV 6	79.407	147.927	26.07.95	11:36	199.0	194.5	203.5	18	32.1	89.0	13	5	3.5	10	8		476.9
NO	IV 11	79.466	148.077	27.07.95	16:34	227.8	212.5	243.0	13	12.8	49.4	9	4	5	13			227.9
NO	IV 12	79.437	147.885	27.07.95	17:14	218.1	213.5	222.7	7	14.2	101.6	7		2	7			142.2
NO	IV 13	79.408	147.697	27.07.95	18:02	210.8	199.5	222.0	18	40.6	112.8	9	6	3	6.6	18		1069.3
NO	IV 14	79.376	147.496	27.07.95	18:38	218.0	200.5	235.5	10	28.2	140.9	5	4	1	6	10		690.4
NO	IV 15	79.343	147.317	27.07.95	19:08	212.4	190.3	234.5	6	17.1	142.2	2	2	2	8	5	1	625.7
NO	IV 16	79.329	147.239	27.07.95	19:36	182.5	171.5	193.5	17	21.4	63.1	12	5	3.6	17			328.1
NO	IV 17	79.251	147.085	27.07.95	22:16	158.0	143.5	172.5	23	35.5	77.2	18	5	4.3	12	11		520.2

Angaben zur Lokation									Angaben zu den Eisfurchen									
Region	Profil	Position		Datum	Zeit	Wassertiefe [m]			Anz.	Verh. [%]	Breite [m]	Einkerbtiefe [m]			Reliefenergie			Umlagrgs.-index [m²]
		Breite(N)	Länge(O)			mittl.	min.	max.				<=2	>2	>5	max.	gering	mittl.	
NO	IV 18	79.232	146.894	27.07.95	22:46	137.0	129.5	144.5	15	24.0	80.1	14	1	4.3	6	9	274.3	
NO	IV 19	79.200	146.686	27.07.95	23:22	121.1	113.7	128.5	17	38.6	113.5	15	2	3.5	6	11	465.7	
NO	IV 20	79.177	146.488	27.07.95	23:52	113.0	109.5	116.5	22	39.8	90.4	18	4	3	8	14	506.2	
NO	IV 23	79.112	146.248	28.07.95	13:24	99.0	97.5	100.5	10	18.2	90.8	10		1.7	10		156.6	
NO	IV 24	79.097	146.058	28.07.95	14:20	96.8	95.5	98.0	6	10.8	89.9	6		1.2	6		67.0	
NO	IV 25	79.071	145.914	28.07.95	15:12	94.0	92.5	95.5	9	19.2	106.6	8	1	2.5	8	1	218.3	
NO	IV 26	79.051	145.787	28.07.95	16:00	90.5	88.5	92.5	11	22.2	100.8	10	1	4	9	2	262.1	
NO	IV 27	79.005	145.633	28.07.95	16:54	87.4	86.3	88.5	9	6.8	37.9	9		0.8	4	5	25.9	
NO	IV 28	78.990	145.440	28.07.95	17:52	88.4	87.4	89.4	4	8.1	100.7	3	1	3.5	3	1	116.0	
NO	IV 29	78.972	145.366	28.07.95	18:32	88.5	87.6	89.4	5	6.2	62.0	3	2	3.5	3	2	105.6	
NO	IV 30	78.946	145.264	28.07.95	20:18	87.8	87.0	88.5	4	3.2	40.4	4		0.8	4		12.3	
NO	VII 1	79.814	149.638	30.08.95	11:00	331.0	306.5	414.9	4	4.6	57.0	3		1	6	4	96.9	
NO	VII 2	79.771	149.450	30.08.95	11:40	302.5	298.4	306.5	11	35.6	161.7	8	3	4.5	11		574.0	
NO	VII 3	79.737	149.254	30.08.95	12:02	298.8	293.0	304.5	10	23.1	115.6	5	5	4.7	10		502.9	
NO	VII 4	79.678	149.112	30.08.95	12:40	288.0	277.5	298.4	19	37.7	99.3	15	4	5	19		575.9	
NO	VII 5	79.635	148.915	30.08.95	13:10	268.0	257.5	278.5	26	45.2	87.0	20	6	4.5	26		687.3	
NO	VII 6	79.602	148.716	30.08.95	13:36	264.3	259.5	269.0	14	41.2	147.1	11	2	1	6.5	14	698.7	
NO	VII 7	79.552	148.535	30.08.95	14:02	252.7	240.8	264.5	19	44.4	116.8	19	6	1	6	19	1062.9	
NO	VII 8	79.507	148.370	30.08.95	14:26	246.9	243.3	250.5	17	44.7	131.3	14	2	1	5.5	17	689.3	
NO	VII 9	79.501	148.215	30.08.95	19:18	245.6	236.5	254.6	22	49.5	112.6	16	6	4.5	22		799.5	
NO	VII 10	79.513	147.984	30.08.95	19:40	258.9	252.5	265.2	16	42.0	131.2	14	2	3.8	16		518.2	
NO	VII 11	79.525	147.775	30.08.95	20:04	271.4	265.3	277.5	15	38.6	128.8	13	2	2.3	15		444.4	
NO	VII 12	79.541	147.562	30.08.95	20:22	294.7	277.5	311.8	15	32.1	106.9	13	2	3.5	15		395.5	
NO	VII 13	79.568	147.377	30.08.95	20:38	332.8	311.8	353.7	2	7.4	184.6	1	1	5	2		166.1	
NO	VII 14	79.592	147.154	30.08.95	20:54	346.8	337.5	356.0	2	7.4	184.0	2		1.5	2		55.2	
--	2 1	78.022	133.589	06.09.93	3:48	90	76	180	2	2.2	53.8	2		1.1	2		11.8	
--	2 18	77.068	131.220	06.09.93	23:12	62	60	64	2	2.0	48.9	2		1		1	9.8	
--	2 20	77.034	130.769	06.09.93	23:44	63	60	67	2	1.1	27.5	2		0.5		1	2.8	
--	2 21	77.036	130.518	06.09.93	23:59	59	58	60	2	2.6	65.6	2		0.5			6.6	
--	2 22	77.038	130.304	07.09.93	0:14	58	57	60	3	3.1	51.3	3		1	1	1	15.4	
--	2 23	77.058	129.993	07.09.93	0:24	58	57	60	2	1.5	37.5	2		0.5			3.8	
--	2 24	77.041	129.925	07.09.93	0:38	69	58	81	4	2.4	30.0	4		0.5		2	6.0	
--	2 28	77.041	128.852	07.09.93	1:48	76	75	77	1	1.3	65.7	1		0.2	1		1.3	

Angaben zur Lokation									Angaben zu den Eisfurchen										
Region	Profil	Position		Datum	Zeit	Wassertiefe [m]			Anz.	Verh. [%]	Breite [m]	Einkerbtiefe [m]				Reliefenergie			Umlagrsg.-index [m ²]
		Breite(N)	Länge(O)			mittl.	min.	max.				<=2	>2	>5	max.	gering	mittl.	hoch	
--	2 35	77.038	127.391	07.09.93	3:22	77	77	78	3	4.1	67.6	3		0.5	1		2	10.1	
--	2 36	77.040	127.186	07.09.93	3:34	79	78	81	3	2.7	45.3	3		0.5			3	6.8	
--	2 37	77.038	126.979	07.09.93	3:48	83	80	85	3	2.9	48.0	3		0.5		1	2	7.2	
--	2 38	77.035	126.801	07.09.93	4:00	86	84	88	7	3.0	21.4	7		0.5	3	1	3	7.5	
--	2 39	77.022	126.513	07.09.93	4:38	89	84	95	2	0.7	18.0	2		0.2	2			0.7	
--	2 40	77.031	126.424	07.09.93	7:38	98	92	260	1			1		0.2	1				
--	II 61	76.586	119.501	21.07.95	8:12	70.9	69.1	72.8	1	0.5	22.6	1		0.3	1			0.6	
--	II 62	76.610	119.691	21.07.95	8:32	71.6	69.7	73.4	1	1.2	60.8	1		1.1			1	6.8	
--	II 63	76.637	119.903	21.07.95	8:54	73.0	69.2	74.9	3	5.0	83.8	2	1	5		3		92.2	
--	II 65	76.685	120.263	21.07.95	9:32	69.0	68.1	69.9	2	1.3	32.0	2		0.8	1	1		4.8	
--	II 66	76.710	120.450	21.07.95	9:52	71.1	69.3	72.9	4	2.4	29.6	4		0.5	1	3		5.9	
--	II 67	76.736	120.639	21.07.95	10:12	74.5	70.6	78.4	2	1.5	37.5	2		1.6		1	1	12.2	
--	II 68	76.757	120.811	21.07.95	10:30	73.9	72.3	75.4	2	1.8	43.9	2		0.9		2		7.7	
--	II 70	76.804	121.189	21.07.95	11:08	77.4	75.3	79.5	1	0.8	39.1	1		0.5		1		2.0	
--	II 71	76.825	121.369	21.07.95	11:26	77.3	75.3	79.4	5	2.3	23.5	5		0.5	4	1		5.9	
--	II 72	76.853	121.568	21.07.95	11:46	79.5	78.4	80.5	1	0.9	42.9	1		2		1		8.6	
--	II 73	76.878	121.745	21.07.95	12:04	83.4	79.3	85.5	1	1.9	94.6	1		0.6	1			5.9	
--	II 74	76.901	121.930	21.07.95	12:22	87.4	85.6	91.9	4	2.3	28.7	4		0.2	4			2.6	
--	II 77	76.966	122.483	21.07.95	13:14	91.4	90.1	92.7	2	1.8	44.6	2		1		2		8.9	
--	II 78	76.990	122.676	21.07.95	13:32	92.8	91.3	94.3	2	1.1	28.5	2		0.3	2			1.4	
--	II 80	77.039	123.054	21.07.95	14:08	98.6	96.5	100.7	1	0.7	36.5	1		1			1	3.7	
--	II 84	77.131	123.791	21.07.95	15:16	127.5	119.6	181.5	2	5.6	140.7	2		1.8		2		49.2	
--	III 1	77.579	130.000	22.07.95	23:04	121.3	81.1	161.5	1	2.1	105.1	1		0.5	1			5.3	
--	III 2	77.571	130.193	22.07.95	23:22	83.1	80.8	85.4	2	7.5	186.7	2		0.9		1	1	32.7	
--	III 3	77.556	130.388	22.07.95	23:42	79.0	76.8	81.3	2	1.7	42.0	2		1.3	1		1	10.5	
--	III 4	77.553	130.596	23.07.95	0:08	75.9	74.8	76.9	2	0.8	19.8	2		0.4		2		1.5	
--	III 5	77.545	130.782	23.07.95	0:26	73.4	72.1	74.8	3	7.0	116.9	3		1.5		2	1	52.6	
--	III 6	77.535	130.988	23.07.95	0:44	71.3	70.4	73.0	3	6.9	115.2	2	1	4.5		1	2	121.0	
--	III 7	77.525	131.173	23.07.95	1:00	70.8	69.9	72.3	2	3.5	86.5	1	1	3.8		1	1	67.0	
--	III 8	77.508	131.366	23.07.95	1:18	70.3	68.6	71.1	1	1.2	58.5		1	2.3			1	24.9	
--	III 9	77.479	131.557	23.07.95	1:38	69.1	67.3	70.9	6	6.3	52.4	5	1	2.5		5	1	76.0	
--	III 11	77.466	131.935	23.07.95	2:10	66.4	65.4	67.3	2	5.7	143.1	2		2.8			2	78.7	
--	III 12	77.462	132.130	23.07.95	2:26	64.7	64.1	65.3	3	4.6	76.9	3		1	1	1	1	23.1	
--	III 13	77.459	132.327	23.07.95	2:42	63.8	63.0	64.5	2	1.5	37.6	2		1.8		1	1	13.2	

Angaben zur Lokation									Angaben zu den Eisfurchen									
Region	Profil	Position		Datum	Zeit	Wassertiefe [m]			Anz.	Verh. [%]	Breite [m]	Einkerbtiefe [m]			Reliefenergie			Umlagrsg.-index [m ²]
		Breite(N)	Länge(O)			mittl.	min.	max.				<=2	>2	>5	max.	gering	mittl.	
--	III 14	77.456	132.529	23.07.95	2:58	62.4	61.5	63.2	1	2.1	104.7		1	3.3			1	55.0
--	III 15	77.450	132.720	23.07.95	3:18	60.6	59.8	61.5	4	15.1	188.4	1	3	3.4			4	341.5
--	III 26	77.460	134.616	23.07.95	7:32	54.7	54.2	55.1	3	9.7	160.9	2	1	3.4	1	1	1	150.8
--	III 27	77.462	134.797	23.07.95	7:46	54.4	54.0	54.7	3	11.8	197.3	2	1	3.3		1	2	182.5
--	III 28	77.468	135.006	23.07.95	8:02	54.7	54.4	55.0	1	14.7	736.1		1	3.3			1	386.5
--	III 29	77.470	135.205	23.07.95	8:18	54.4	54.3	54.5	2	12.3	306.7		2	4			2	368.0
--	III 30	77.476	135.393	23.07.95	8:34	54.2	53.9	54.5	5	17.7	177.2	3	2	3.3	2		3	292.4
--	III 31	77.486	135.583	23.07.95	8:50	53.5	53.1	53.9	6	13.0	108.5	6		2	3		3	130.2
--	III 32	77.497	135.790	23.07.95	9:08	53.0	52.9	53.1	11	10.1	46.0	11		2	1	9	1	101.2
--	III 33	77.512	135.976	23.07.95	9:28	52.5	52.1	53.0	4	4.0	50.1	1	3	3			4	85.2
--	III 34	77.528	136.158	23.07.95	9:48	52.4	52.3	52.5	7	7.9	56.5	3	4	3.5		3	4	158.2
--	III 35	77.546	136.350	23.07.95	10:08	52.1	51.8	52.4	1	0.3	15.7	1		0.2	1			0.3
--	III 36	77.567	136.559	23.07.95	10:28	51.7	51.3	52.1	7	6.5	46.2	6	1	2.8	4	1	2	77.4
--	III 37	77.585	136.746	23.07.95	10:46	51.7	51.5	51.9	2	17.3	431.3	1	1	3.3		1	1	312.7
--	III 38	77.604	136.931	23.07.95	11:04	51.9	51.8	52.1	4	12.1	151.7	4		1	2	2		59.2
--	III 39	77.623	137.131	23.07.95	11:28	52.2	51.7	52.6	4	10.1	126.5	3	1	3.2		3	1	141.7
--	III 40	77.635	137.317	23.07.95	11:46	52.2	52.0	52.4	1	14.5	725.8		1	3			1	362.9
--	III 41	77.645	137.511	23.07.95	12:04	51.9	51.5	52.3	3	14.8	246.1	1	2	2.5	1		2	270.7
--	III 42	77.652	137.710	23.07.95	12:22	52.2	52.0	52.4	1	0.8	38.9	1		1			1	3.9
--	III 43	77.661	137.907	23.07.95	12:40	52.3	52.2	52.4	3	2.8	47.3	2	1	3.3		1	2	43.8
--	III 81	78.126	145.066	24.07.95	9:14	57.7	56.0	59.4	4	3.2	39.8	4		1.3		2	2	19.9
--	III 82	78.193	145.196	24.07.95	9:52	60.4	58.7	62.0	2	1.0	24.2	2		0.6			2	2.7
--	III 84	78.356	145.190	24.07.95	11:42	65.4	64.0	66.7	4	5.8	73.0	4		1.3	1		3	36.5
--	III 85	78.404	145.354	24.07.95	12:16	66.8	65.9	67.7	1	0.3	16.1	1		1.1			1	1.8
--	IV 31	78.888	145.132	28.07.95	21:10	86.2	85.5	86.8	3	5.7	95.1	3		0.6	3			15.7
--	IV 32	78.867	144.934	28.07.95	21:54	86.0	85.5	86.4	2	2.3	56.9	2		0.9	2			10.0
--	IV 34	78.772	144.627	28.07.95	23:16	81.8	81.0	82.5	3	5.0	84.1	3		0.6	3			15.8
--	IV 36	78.709	144.233	29.07.95	0:46	80.1	79.5	80.6	6	7.8	65.1	6		0.5	6			19.5
--	IV 42	78.509	143.247	29.07.95	9:18	72.8	71.1	74.5	2	1.7	42.3	1	1	3.3			2	30.7
--	IV 43	78.473	143.062	29.07.95	9:44	70.8	69.9	71.6	2	7.5	186.5	2		0.5	2			18.7
--	IV 46	78.430	142.469	29.07.95	10:48	68.6	67.6	69.5	1	2.0	101.6		1	3.8			1	58.4
--	IV 48	78.358	142.110	29.07.95	11:34	65.1	63.6	66.6	3	4.6	76.2	2	1	3.5	2		1	72.4
--	IV 49	78.325	141.919	29.07.95	11:58	64.2	63.5	64.8	3	2.6	42.7	3		0.1	1	2		1.6
--	IV 52	78.207	141.468	29.07.95	13:50	59.6	58.0	61.2	6	2.3	18.8	6		1.3			6	14.1

Angaben zur Lokation									Angaben zu den Eisfurchen										
Region	Profil	Position		Datum	Zeit	Wassertiefe [m]			Anz.	Verh. [%]	Breite [m]	Einkerbtiefe [m]			Reliefenergie			Umlagrgs.- index [m ²]	
		Breite(N)	Länge(O)			mittl.	min.	max.				<=2	>2	>5	max.	gering	mittl.		hoch
--	IV 53	78.160	141.303	29.07.95	14:42	58.6	57.7	59.5	3	1.7	28.3	3			0.4		1	2	3.2
--	IV 54	78.127	141.116	29.07.95	15:08	56.4	55.0	57.7	7	5.8	41.5	7			1.5	2	5		43.6
--	IV 55	78.090	140.933	29.07.95	15:34	55.6	55.0	56.1	4	4.2	52.8	4			0.3	4			5.3
--	IV 56	78.063	140.735	29.07.95	15:58	55.1	54.1	56.0	6	4.7	39.4	6			0.5	2	4		11.8
--	IV 57	78.040	140.542	29.07.95	16:20	54.2	53.5	54.9	4	4.2	53.0	4			0.5	2	2		10.6
--	IV 58	78.017	140.346	29.07.95	16:42	52.9	51.5	54.3	4	1.9	23.5	4			0.5		4		4.7
--	IV 59	78.003	140.156	29.07.95	17:02	53.5	53.1	53.9	1	1.2	58.9	1			0.4	1			2.2
--	IV 138	76.848	129.997	01.08.95	2:06	66.8	65.9	67.7	10	11.8	59.0	10			1.8	1	2	7	103.3
--	IV 139	76.913	129.949	01.08.95	5:40	67.8	67.4	68.1	4	10.4	130.1	4			0.7	1	1	2	37.7
--	IV 140	77.000	129.999	01.08.95	6:14	54.4	51.3	57.4	7	2.2	15.7	5	2		3.5		7		33.0
--	IV 141	77.087	129.985	01.08.95	7:26	61.0	58.4	63.5	5	2.1	21.1	5			0.5	1	4		5.3
--	IV 143	77.268	129.961	01.08.95	8:34	70.4	66.3	74.4	12	4.7	19.7	12			0.8		11	1	17.7
--	IV 144	77.360	129.976	01.08.95	9:08	71.0	69.7	73.5	9	4.0	22.2	9			1.8		6	3	35.0
--	IV 145	77.453	130.003	01.08.95	9:42	78.1	74.1	82.0	5	3.7	36.7	3	1	1	5.8	2	1	2	87.2
--	VIII 1	78.263	135.371	02.09.95	11:00	125.9	111.7	140.0	15	30.4	101.3	15			3	10	5		455.9
--	VIII 2	78.293	135.163	02.09.95	11:24	252.5	144.4	360.5	2	3.3	83.7	2			1.5	1	1		25.1

90° 95° 100° 105° 110° 115° 120° 125° 130° 135° 140° 145°

Karte I

Absolute Anzahl der Eisfurchen



82°
81°
80°
79°
78°
77°
76°
75°
74°
73°
72°
71°
70°

- Untersuchungsabschnitt der Expedition der BGR (1994)
- Untersuchungsabschnitt der Expeditionen ARK - IX/4 (1993) und ARK - XI/1 (1995) des AWI
- Länge eines Untersuchungsabschnittes: 5 km
- ⋯ Untersuchungsabschnitte mit Werten = 0
- SO Abgrenzung der festgelegten Regionen
- Bathymetrische Daten der Karte aus dem AWI/GEOMAR Verbundvorhaben "Laptevsee"

Wassertiefe (GEBCO) in Meter

□	< 100
□	100 - < 200
□	200 - < 500
□	500 - < 1000
□	1000 - < 1500
□	1500 - < 2000
□	2000 - < 2500
□	≥ 2500

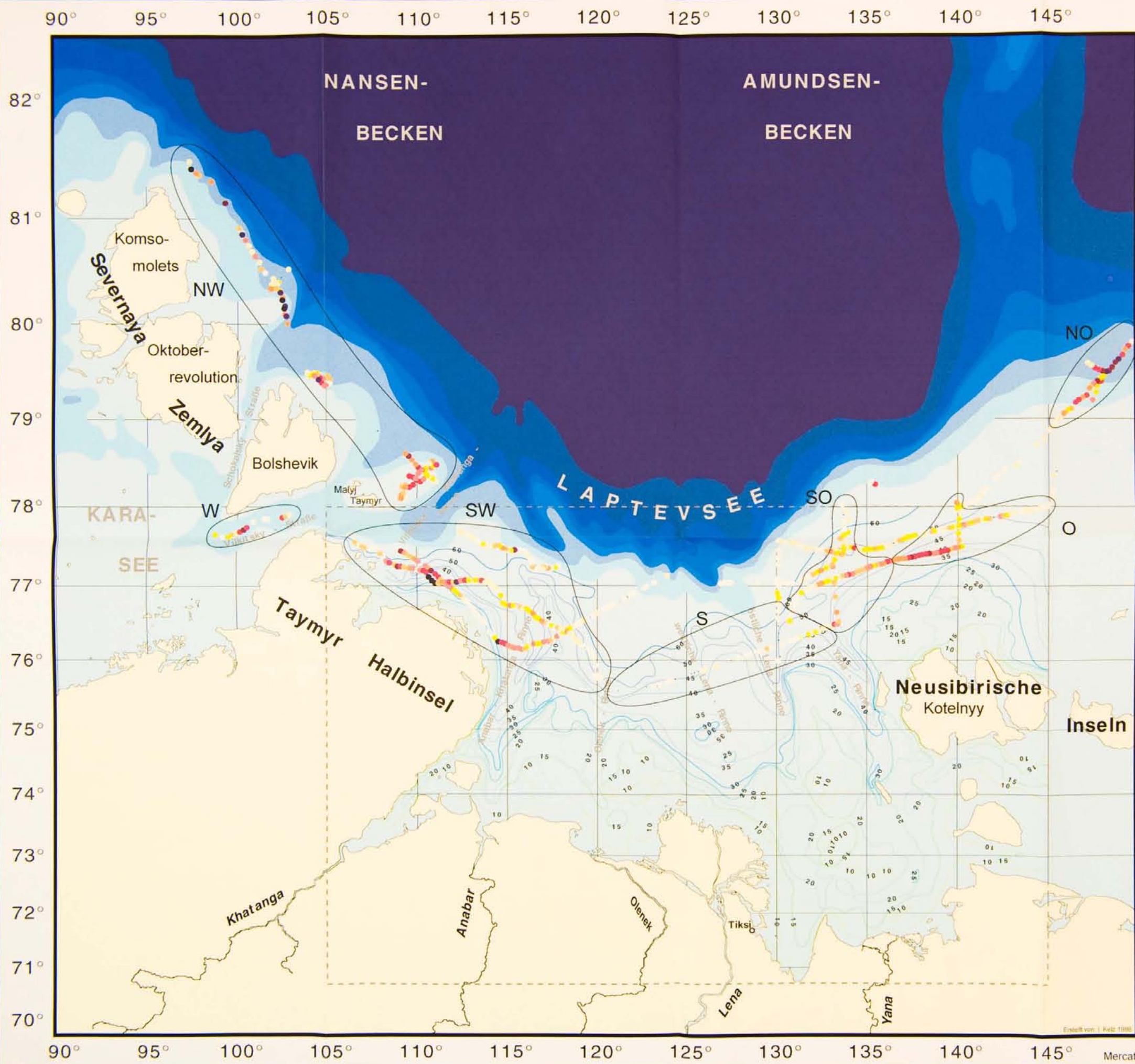
Anzahl der Eisfurchen pro Untersuchungsabschnitt (5 km)

○	< 5
○	5 - 10
○	10 - 15
○	15 - 20
○	20 - 25
○	25 - 30
○	30 - 35
○	35 - 40
○	40 - 45
○	45 - 50
○	≥ 50

○ = BGR '94
● = AWI '93 / '95

Karte II

Relative Durchfurchung des Sedimentes



82°
81°
80°
79°
78°
77°
76°
75°
74°
73°
72°
71°
70°

- Untersuchungsabschnitt der Expeditionen ARK - IX/4 (1993) und ARK - XI/1 (1995) des AWI
- Länge eines Untersuchungsabschnittes 5 km
- ⋯ Untersuchungsabschnitte mit Werten = 0
- SO Abgrenzung der festgelegten Regionen
- Bathymetrische Daten der Karte aus dem AWI/GEOMAR Verbundvorhaben "Laptevsee"

Wassertiefe (GEBCO) in Meter

□	< 100
□	100 - < 200
□	200 - < 500
□	500 - < 1000
□	1000 - < 1500
□	1500 - < 2000
□	2000 - < 2500
□	≥ 2500

Verhältnis von durchfurchtem zu undurchfurchtem Sediment pro Untersuchungsabschnitt in %

●	< 5
●	5 - 10
●	10 - 15
●	15 - 20
●	20 - 25
●	25 - 30
●	30 - 35
●	35 - 40
●	40 - 45
●	45 - 50
●	≥ 50

90° 95° 100° 105° 110° 115° 120° 125° 130° 135° 140° 145°

Karte III

Eisfurchenbreite



- Untersuchungsabschnitt der Expeditionen ARK - IX/4 (1993) und ARK - XI/1 (1995) des AWI
- Länge eines Untersuchungsabschnittes 5 km
- ⋯ Untersuchungsabschnitte mit Werten = 0
- SO Abgrenzung der festgelegten Regionen
- Bathymetrische Daten der Karte aus dem AWI/GEOMAR Verbundvorhaben "Laptevsee"

Wassertiefe (GEBCO) in Meter

	< 100
	100 - < 200
	200 - < 500
	500 - < 1000
	1000 - < 1500
	1500 - < 2000
	2000 - < 2500
	≥ 2500

○ Furchenbreite [m]

	> 0 - < 20
	20 - < 40
	40 - < 60
	60 - < 80
	80 - < 100
	100 - < 120
	120 - < 140
	140 - < 160
	160 - < 180
	180 - < 200
	≥ 200

90° 95° 100° 105° 110° 115° 120° 125° 130° 135° 140° 145°

Karte IV

Maximale Einkerbttiefe der Eisfurchen



82°
81°
80°
79°
78°
77°
76°
75°
74°
73°
72°
71°
70°

- Untersuchungsabschnitt der Expeditionen ARK - IX/4 (1993) und ARK - XI/1 (1995) des AWI
- Länge eines Untersuchungsabschnittes 5 km
- ⋯ Untersuchungsabschnitte mit Werten = 0
- SO Abgrenzung der festgelegten Regionen
- Bathymetrische Daten der Karte aus dem AWI/GEOMAR Verbundvorhaben "Laptevsee"

Wassertiefe (GEBCO) in Meter

□	< 100
□	100 - < 200
□	200 - < 500
□	500 - < 1000
□	1000 - < 1500
□	1500 - < 2000
□	2000 - < 2500
□	≥ 2500

Maximale Einkerbttiefe der Eisfurchen in den Untergrund [m]

●	< 0,5
●	0,5 - 1,0
●	1,0 - 1,5
●	1,5 - 2,0
●	2,0 - 2,5
●	2,5 - 3,0
●	3,0 - 3,5
●	3,5 - 4,0
●	4,0 - 4,5
●	4,5 - 5,0
●	≥ 5,0

Karte V/a

Einkerbtiiefenklasse der Eisfurchen $\leq 2m$



82°
81°
80°
79°
78°
77°
76°
75°
74°
73°
72°
71°
70°

- Untersuchungsabschnitt der Expeditionen ARK - IX/4 (1993) und ARK - XI/1 (1995) des AWI
- Länge eines Untersuchungsabschnittes: 5 km
- ⋯ Untersuchungsabschnitte mit Werten = 0
- SO Abgrenzung der festgelegten Regionen
- Bathymetrische Daten der Karte aus dem AWI/GEOMAR Verbundvorhaben "Laptevsee"

Wassertiefe (GEBCO) in Meter

□	< 100
□	100 - < 200
□	200 - < 500
□	500 - < 1000
□	1000 - < 1500
□	1500 - < 2000
□	2000 - < 2500
□	≥ 2500

Anteil der Eisfurchen mit Einkerbtiiefen in den Untergrund $\leq 2m$ zur Gesamtmenge in %

●	> 0 - < 10
●	10 - < 20
●	20 - < 30
●	30 - < 40
●	40 - < 50
●	50 - < 60
●	60 - < 70
●	70 - < 80
●	80 - < 90
●	90 - < 100
●	= 100

90° 95° 100° 105° 110° 115° 120° 125° 130° 135° 140° 145°

Karte V/b

Einkerbiefenklasse der
Eisfurchen > 2m - 5m



82°
81°
80°
79°
78°
77°
76°
75°
74°
73°
72°
71°
70°

- Untersuchungsabschnitt der Expeditionen ARK - IX/4 (1993) und ARK - XI/1 (1995) des AWI
- Länge eines Untersuchungsabschnittes, 5 km
- ⋯ Untersuchungsabschnitte mit Werten = 0
- SO Abgrenzung der festgelegten Regionen
- Bathymetrische Daten der Karte aus dem AWI/GEOMAR Verbundvorhaben "Laptevsee"

Wassertiefe (GEBCO) in Meter

□	< 100
□	100 - < 200
□	200 - < 500
□	500 - < 1000
□	1000 - < 1500
□	1500 - < 2000
□	2000 - < 2500
□	≥ 2500

Anteil der Eisfurchen mit Einkerbiefen in den Untergrund >2-5m zur Gesamtmenge in %

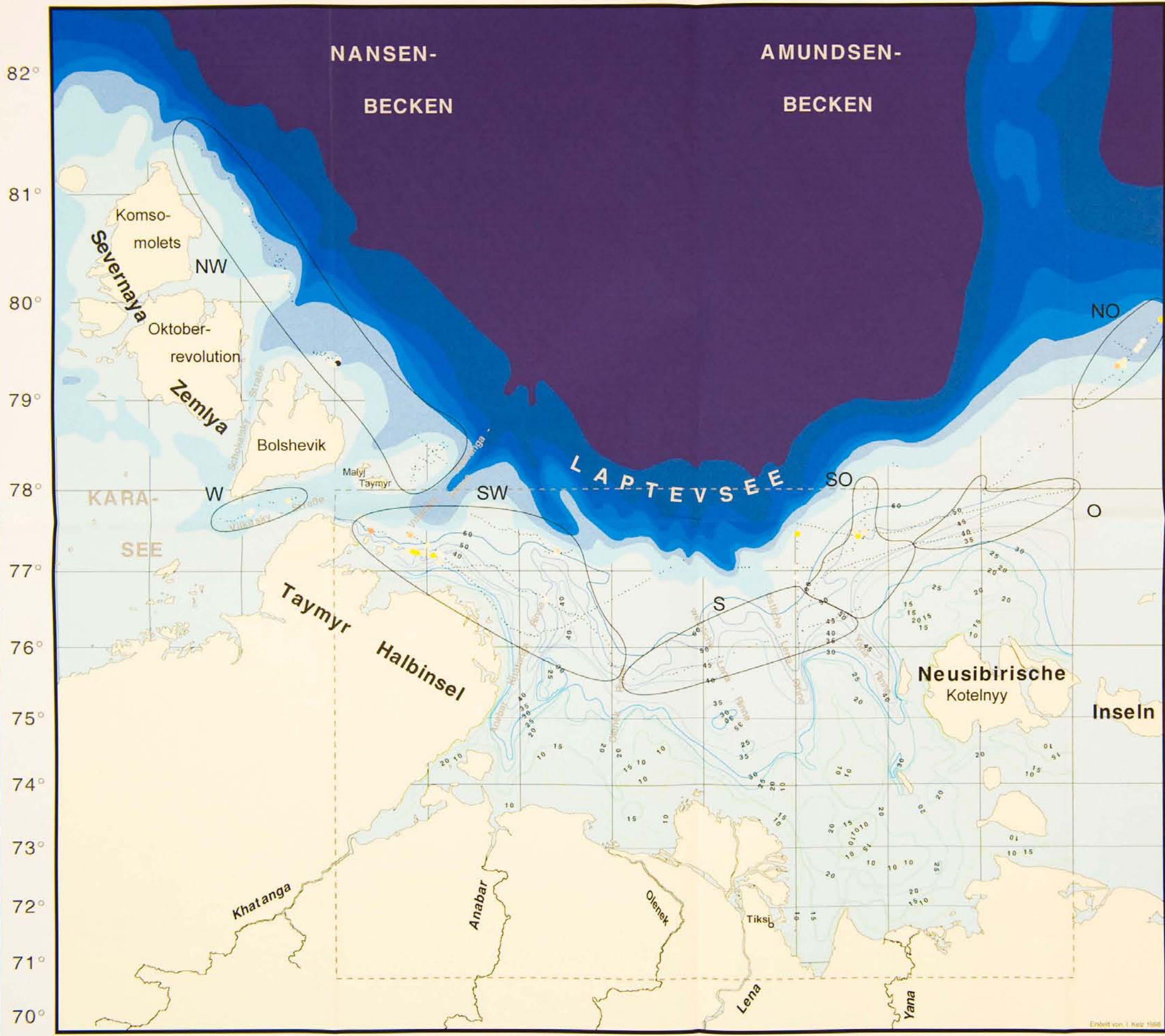
●	> 0 - < 10
●	10 - < 20
●	20 - < 30
●	30 - < 40
●	40 - < 50
●	50 - < 60
●	60 - < 70
●	70 - < 80
●	80 - < 90
●	90 - < 100
●	= 100

Erstellt von: I. Keiz-1998

90° 95° 100° 105° 110° 115° 120° 125° 130° 135° 140° 145°

Karte V/c

Einkerbiefenklasse der Eisfurchen > 5m



82°
81°
80°
79°
78°
77°
76°
75°
74°
73°
72°
71°
70°

- Untersuchungsabschnitt der Expeditionen ARK - IX/4 (1993) und ARK - XI/1 (1995) des AWI
- Länge eines Untersuchungsabschnittes 5 km
- ⋯ Untersuchungsabschnitte mit Werten = 0
- SO Abgrenzung der festgelegten Regionen
- Bathymetrische Daten der Karte aus dem AWI/GEOMAR Verbundvorhaben "Laptevsee"

Wassertiefe (GEBCO) in Meter

□	< 100
□	100 - < 200
□	200 - < 500
□	500 - < 1000
□	1000 - < 1500
□	1500 - < 2000
□	2000 - < 2500
□	≥ 2500

Anteil der Eisfurchen mit Einkerbiefen in den Untergrund > 5m zur Gesamtmenge in %

●	> 0 - < 10
●	10 - < 20
●	20 - < 30
●	30 - < 40
●	40 - < 50
●	50 - < 60
●	60 - < 70
●	70 - < 80
●	80 - < 90
●	90 - < 100
●	= 100

Einheit von 1 km/1000

90° 95° 100° 105° 110° 115° 120° 125° 130° 135° 140° 145°

Karte VI/a

Eisfurchen geringer
Reliefenergie



82°
81°
80°
79°
78°
77°
76°
75°
74°
73°
72°
71°
70°

- Untersuchungsabschnitt der Expeditionen ARK - IX/4 (1993) und ARK - XI/1 (1995) des AWI
- Länge eines Untersuchungsabschnittes: 5 km
- ⋯ Untersuchungsabschnitte mit Werten = 0
- SO Abgrenzung der festgelegten Regionen
- Bathymetrische Daten der Karte aus dem AWI/GEOMAR Verbundvorhaben "Laptevsee"

Wassertiefe (GEBCO) in Meter

	< 100
	100 - < 200
	200 - < 500
	500 - < 1000
	1000 - < 1500
	1500 - < 2000
	2000 - < 2500
	≥ 2500

Anteil der Eisfurchen geringer Reliefenergie zur Gesamtmenge in %

	> 0 - < 10
	10 - < 20
	20 - < 30
	30 - < 40
	40 - < 50
	50 - < 60
	60 - < 70
	70 - < 80
	80 - < 90
	90 - < 100
	= 100

90° 95° 100° 105° 110° 115° 120° 125° 130° 135° 140° 145°

Karte VI/b

Eisfurchen mittlerer
Reliefenergie



82°
81°
80°
79°
78°
77°
76°
75°
74°
73°
72°
71°
70°

- Untersuchungsabschnitt der Expeditionen ARK - IX/4 (1993) und ARK - XI/1 (1995) des AWI
- Länge eines Untersuchungsabschnittes: 5 km
- ⋯ Untersuchungsabschnitte mit Werten = 0
- SO Abgrenzung der festgelegten Regionen
- Bathymetrische Daten der Karte aus dem AWI/GEOMAR Verbundvorhaben "Laptevsee"

Wassertiefe (GEBCO) in Meter

Lightest Blue	< 100
Light Blue	100 - < 200
Medium Light Blue	200 - < 500
Medium Blue	500 - < 1000
Dark Blue	1000 - < 1500
Very Dark Blue	1500 - < 2000
Dark Purple	2000 - < 2500
Black	≥ 2500

Anteil der Eisfurchen mittlerer Reliefenergie zur Gesamtmenge in %

White	> 0 - < 10
Lightest Yellow	10 - < 20
Light Yellow	20 - < 30
Yellow	30 - < 40
Orange	40 - < 50
Light Orange	50 - < 60
Orange	60 - < 70
Dark Orange	70 - < 80
Red	80 - < 90
Dark Red	90 - < 100
Black	= 100

Erstellt von: I. Kitz 1998

90° 95° 100° 105° 110° 115° 120° 125° 130° 135° 140° 145°

Karte VI/c

Eisfurchen hoher
Reliefenergie



82°
81°
80°
79°
78°
77°
76°
75°
74°
73°
72°
71°
70°

- Untersuchungsabschnitt der Expeditionen ARK - IX/4 (1993) und ARK - XI/1 (1995) des AWI
- Länge eines Untersuchungsabschnittes 5 km
- ⋯ Untersuchungsabschnitte mit Werten = 0
- SO Abgrenzung der festgelegten Regionen
- Bathymetrische Daten der Karte aus dem AWI/GEOMAR Verbundvorhaben "Laptevsee"

Wassertiefe (GEBCO) in Meter

Lightest Blue	< 100
Light Blue	100 - < 200
Medium Light Blue	200 - < 500
Medium Blue	500 - < 1000
Dark Blue	1000 - < 1500
Very Dark Blue	1500 - < 2000
Darkest Blue	2000 - < 2500
Black	≥ 2500

Anteil der Eisfurchen hoher Reliefenergie zur Gesamtmenge in %

White	> 0 - < 10
Lightest Yellow	10 - < 20
Light Yellow	20 - < 30
Yellow	30 - < 40
Orange	40 - < 50
Light Orange	50 - < 60
Orange	60 - < 70
Dark Orange	70 - < 80
Red	80 - < 90
Dark Red	90 - < 100
Black	= 100

Erstellt von: I. KeC 1998