Helmut Erlenkeuser[1], Ulrich von Grafenstein[2] und Igor Dmitrenko[3]

1) Leibniz-Labor für Altersbestimmung und Isotopenforschung und Institut für Reine und Angewandte Kernphysik, C14-Labor, Univ. Kiel
2) Lehrstuhl für Allgemeine, Angewandte und Ingenieur-Geologie, Abt. Sedimentforsch. und Meeresgeol., TU München
3) State Research Center of the Russian Federation, Arctic and Antarctic Research Institute, St. Petersburg

Die Sauerstoff-Isotopenverhältnisse im Schalenkarbonat von Ostrakoden aus Oberflächensedimenten der Laptev See 1993, 1994

EINLEITUNG

Die Laptev See ist eines der großen arktischen Flachwassergebiete auf dem sibirischen Schelf. Sie reicht von ca. 113°E rund 800 km weit nach Osten bis ca. 140°E und erstreckt sich nordwärts von ca. 71°N Breite bis zum nördlichen Schelfrand über fast 7 Breitengrade, d.i. ca. 800 km. Der größte Teil der Schelfsee ist recht flach, mit Tiefen um 20 bis 40 m (Abb.1). Das Relief wird durch einige Rinnen geprägt, die im Glazial und Frühholozän, als der Schelf trocken lag, von den sibirischen Flüssen eingeschnitten wurden.

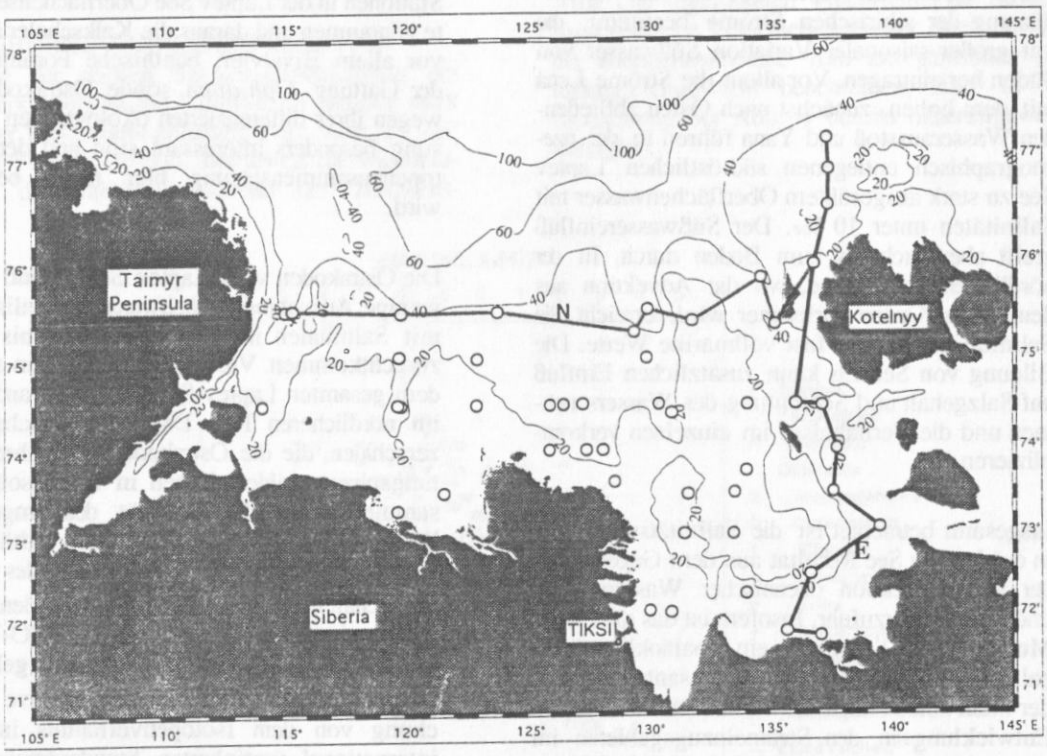

Abb. 1: Stationskarte der Oberflächensedimentproben aus der Laptev See zur Isotopenanalyse rezenter (1993, 1994) benthischer Karbonatschaler. Die Schnitte N und E verweisen auf die Darstellung der Ergebnisse in Abb.4.

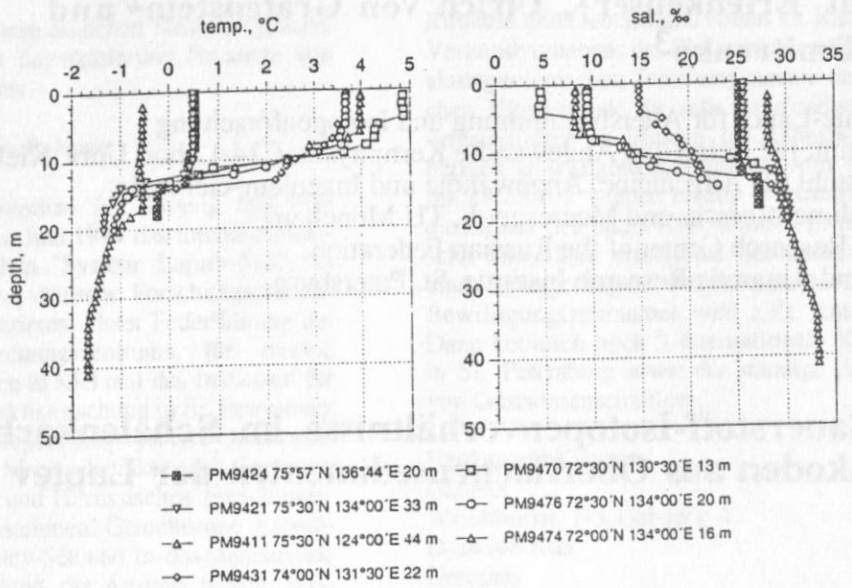

Abb. 2: Beispiele für die Verteilung von Salzgehalt und Temperatur in der Laptev See (RV Prof. Multanovsky, Lapex 94 - Trandrift II, 1994)

Diese ausgedehnten flachen Schelfwasserbereiche bestimmen auch den Grad der ozeanographischen Kopplung mit dem offenen arktischen Ozean, und der Salzgehalt als wichtiger ökologischer Faktor wird in der Laptev See von der Wasserführung der sibirischen Ströme bestimmt, die mit großer saisonaler Variation Süßwasser von Süden her eintragen. Vor allem die Ströme Lena mit dem hohen, zunächst nach Osten abfließenden Wasserausstoß und Yana führen in der ozeanographisch entlegenen süd-östlichen Laptev See zu stark ausgesüßtem Oberflächenwasser mit Salinitäten unter 10 ‰. Der Süßwassereinfluß greift aber auch bis zum Boden durch. In der nördlichen Laptev See, wo die Advektion aus dem freien Ozean wirksamer wird, erreicht die Salinität im Benthal fast vollmarine Werte. Die Bildung von See-Eis kann zusätzlichen Einfluß auf Salzgehalt und Schichtung des Wassers nehmen und die Verhältnisse im einzelnen verkomplizieren.

Insgesamt betrachtet ist die Salinitätsverteilung in der Laptev See Resultat aus dem Gegeneinander von Advektion ozeanischer Wassermassen und Flußwasserzufuhr. Insofern ist das räumliche Muster der Salinität ein paläoklimatisch-paläozeanographisch sehr interessanter Aspekt, der nicht zuletzt auch die klimatisch-meteorische Entwicklung in den Stromeinzugsgebieten im innerasiatischen Raum und Fragen des globalen Wasserkreislaufs berührt. - Die Salzgehaltsverteilung in den Bodenwässern der Laptev See kann mit Hilfe stabiler Isotope in benthischen Kalkschalern untersucht werden. Der vorliegende Beitrag befaßt sich mit Analysen zur rezenten Situation.

METHODEN

Auf den Transdrift-Expeditionen, die seit 1992 im Rahmen des Verbundvorhabens Laptev See stattgefunden haben, wurden auf zahlreichen Stationen in der Laptev See Oberflächensedimente genommen und daraus die Kalkschaler isoliert, vor allem Bivalvier, benthische Foraminiferen der Gattung *Elphidium* sowie Ostrakoden, die wegen ihrer differenzierten ökologischen Anpassung besonders interessant sind und deren Isotopenzusammensetzung hier näher betrachtet wird.

Die Ostrakoden vom Laptev Schelf sind bis auf wenige Ausnahmen Flachwasserspezialisten, die mit Salinitäten im Bereich von 15 bis 35 ‰ zurechtkommen. Viele der Arten finden sich auf dem gesamten Laptev Schelf, einige andere nur im nördlicheren Teil. Die karbonatischen Panzerschalen, die die Ostrakoden nach ihren Häutungsphasen bilden, halten in ihrer Isotopenzusammensetzung die Salinität des umgebenden Wassers fest. Denn das Häufigkeitsverhältnis der Isotope ^{18}O und ^{16}O im Sauerstoff des $CaCO_3$ der Schalen ist über einen Faktor, den sogen. Fraktionierungsfaktor, an das $^{18}O/^{16}O$-Verhältnis der H_2O-Moleküle des Wassers gekoppelt. Das Isotopenverhältnis wird als relative Abweichung von dem Isotopenverhältnis in einem international vereinbarten Standardmaterial gemessen - meist der sogen. PDB-Kalk, ein kretazischer Belemnitenkalk bei dem Ort Peedee in Süd-Carolina, USA - und in Promille angegeben. Flußwasser hat auf Grund der hydrologischen Prozesse ein niedrigeres $d^{18}O$ als das Meerwasser, im Fall der Lena um ca. 20 ‰, so

daß in der Laptev See die $^{18}O/^{16}O$-Zusammensetzung des Wassers mit etwa 20 ‰ auf der $d^{18}O$-Skala pro 35 ‰der Salinitätsskala, d.h. mit einem Koeffizienten von ca. 0,6 vom Salzgehalt abhängt. Wenn auch der Fraktionierungsfaktor zwischen Wasser und biogenem Karbonat noch von der Temperatur beeinflußt wird (Koeffizient: -0,25 ‰/°K), übt im Benthal der Laptev See doch i.d.R. die Salinität den dominierenden Einfluß auf die Isotopenzusammensetzung der Karbonatschalen aus.

Zur Isotopenuntersuchung wurden die Sedimente vorsichtig geschlämmt und die zerbrechlichen Ostrakodenschalen ausgelesen und von anhaftenden Fremdpartikeln befreit. Die Schalen wurden nach Arten und ggf. Häutungsstufe separiert und getrocknet. Zur Isotopenanalyse wurden sie mit konzentrierter Phosphorsäure im Vakuum bei 70°C - so die Kiel-Anlage - zersetzt und das entstehende CO_2 'on-line' in ein Gasisotopen-Massenspektrometer überführt. Die Probenmindestmenge, die üblicherweise bei ca. 12 µg $CaCO_3$ liegt, wurde für diese Untersuchungen auf 6 µg reduziert. Die Genauigkeit beträgt auf der $d^{18}O$-Skala etwa 0,06 ‰ (1-sigma-Wert). Die Klappen der Organismen waren i.d.R. schwer genug, daß die Klappen einzeln analysiert werden konnten. Auch von Elphidien und den Bivalviern waren Einzelschalen ausreichend.

ERGEBNISSE UND INTERPRETATION

Wegen der starken Salzgehaltsschichtung des Wasserkörpers ist die Salinität im Benthal stark von der Wassertiefe abhängig (vgl. Abb. 2; vgl. KARPY et al., 1994). Inwieweit die Momentwerte der Salinität während der Transdrift-Expeditionen auch längerfristig im Jahresablauf signifikant sind, bleibt genauer zu diskutieren. Wir haben daher zunächst die Isotopenwerte mit der Wassertiefe verglichen. Dabei sind für eine erste Übersicht die Einzelklappenmessungen nach Station und Spezies zu Mittelwerten zusammengefaßt, in einigen Fällen auch gattungsweise. Zugleich sind auch die $d^{18}O$-Werte der Bivalvier- und Foraminiferenschalen - hier der Elphidien - dargestellt. Abb. 3 zeigt die Ergebnisse von allen Stationen in Relation zur Wassertiefe, Abb. 4 die Ergebnisse für einen west-östlichen Schnitt in der nördlichen Laptev See und für einen süd-nordwärtigen Schnitt im östlichen Teil (Schnitte N und E in Abb. 1).

Evident ist die deutliche Rolle der Wassertiefe, wenn auch wie zu erwarten wegen der unterschiedlichen ozeanographischen Disposition der Stationen noch andere Einflüsse deutlich werden. Die flacheren Stationen weisen die niedrigeren Isotopenverhältnisse auf und reflektieren damit die geringeren Salinitäten der oberen Wasserschichten und die wohl etwas höheren Temperaturen dort. Insgesamt liegen die Isotopenverhältnisse auf dem nördlichen Schnitt nahe dem Wert, der für ein tieferes 'pelagisches' Deckschichtwasser - hier für 40 m betrachtet - zu erwarten ist, wenn der Kalk im thermodynamischen isotopischen Gleichgewicht mit dem Wasser gebildet wird. Die sogenannten Vitaleffekte, die metabolisch bedingte Verschiebungen der Isotopenwerte der Klappenkarbonate vom anorganischen Isotopengleichgewicht beschreiben, sind in der Darstellung der Abb. 4 bereits näherungsweise korrigiert.

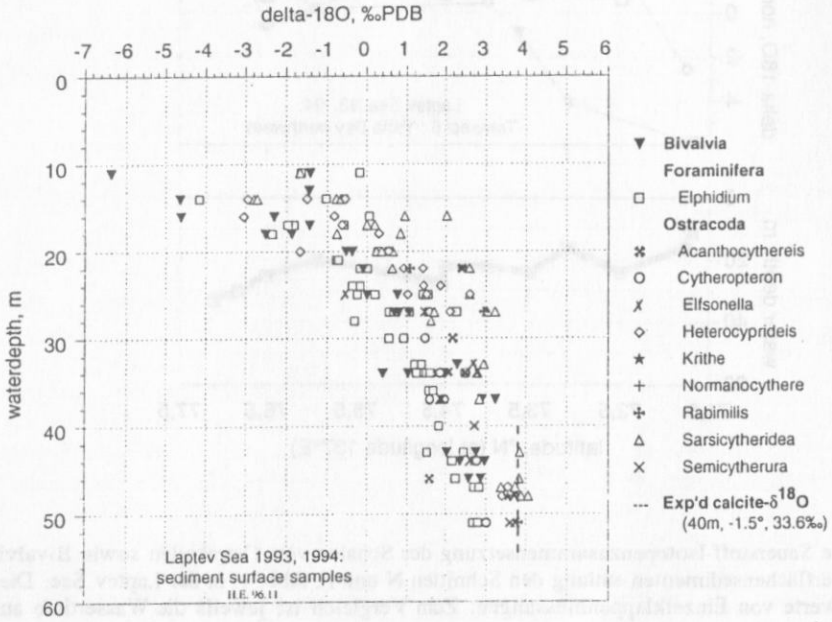

Abb. 3: Die Sauerstoff-Isotopenzusammensetzung der Schalen von Ostrakoden sowie Bivalvier und Foraminiferen aus Oberflächensedimenten der Laptev See, dargestellt in Relation zur Wassertiefe. Die Sedimente wurden 1993 und 1994 genommen.

Sind die verschiedenen Taxa auf den tieferen nördlichen Stationen isotopisch relativ einheitlich, zeigen sie auf den flacheren und insbesondere auf den südlichen Stationen doch erhebliche Unterschiede. Das wirft ein interessantes Licht auf die Bedeutung des Lebensrhythmus der Faunen, d.h. hier auf die zeitliche Entwicklung der Schalen vor dem Hintergrund der saisonalen Variation der Salinität. So sollten Ostrakoden ihre Klappen sehr schnell kalzifizieren und einen Moment der saisonalen Salzgehaltsgeschichte festhalten können. Für Bivalvien erwarten wir eher einen kontinuierlicheren Schalenaufbau. Umso mehr überrascht daher, daß in der vom Flußwasser stark geprägten südöstlichen Laptev See (Yana Bucht) gerade die Bivalvienschalen die saisonale Phase der Niedrigsalinität soviel ausgeprägter zu zeigen scheinen als die Ostrakoden.

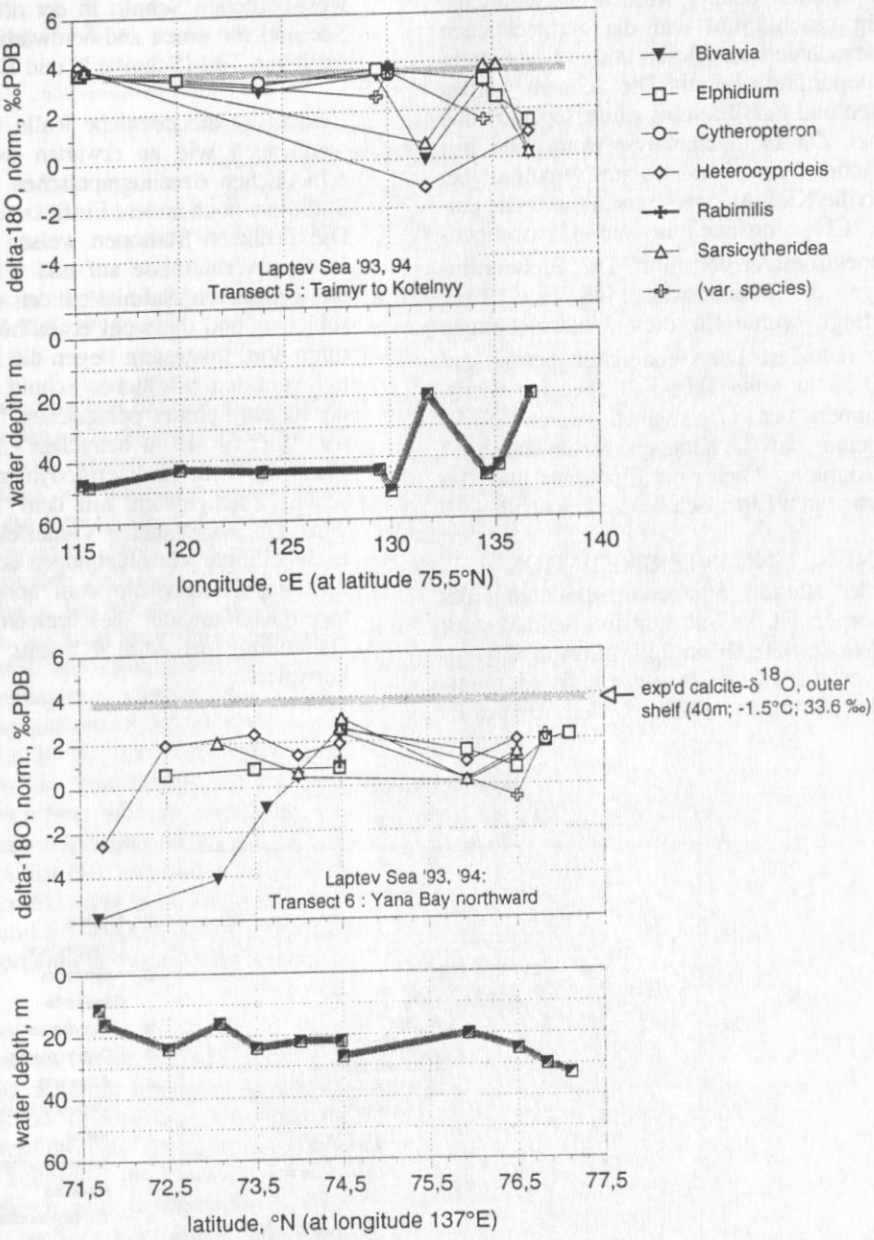

Abb. 4: Die Sauerstoff-Isotopenzusammensetzung der Schalen von Ostrakoden sowie Bivalvier und Foraminiferen aus Oberflächensedimenten entlang den Schnitten N und E, Abb. 1, in der Laptev See. Die Daten repräsentieren Mittelwerte von Einzelklappenmessungen. Zum Vergleich ist jeweils die Wassertiefe auf den Schnitten gezeigt.

Ist dieses Kalzifizierungsverhalten der verschiedenen Faunen einmal genauer untersucht, eröffnen die Isotopenstudien an den Kalkschalern nicht nur die Möglichkeit, die Salinität in ihrem räumlichen Muster zu rekonstruieren, indem z.B. Ostrakoden aus (datierten) Sedimenten analysiert werden. Vielmehr könnten sich auch saisonale Aspekte der Ozeanographie und Flußwasserführung erschließen und für die betrachteten Zeitscheiben der Vergangenheit als Klimasignal ausgewertet werden.

Den Teilnehmern der Transdrift-Expeditionen (KASSENS UND KARPIY, 1994; KASSENS AND DMITRENKO, 1995) sei herzlich für ihren Einsatz bei der Gewinnung der Oberflächensedimente gedankt. Die Isotopenanalysen wären nicht möglich gewesen ohne die Hilfe unserer Herren Heinz Heckt und Hans H. Cordt, denen wir vielmals danken. Die ozeanographischen Datensätze wurden von den russischen Partnern zur Verfügung gestellt. (KARPIY, V. et al 1994)

LITERATUR

KARPIY, V., N. LEBEDEV AND A. IPATOV, 1994: Thermohaline and Dynamic Water Structure in the Laptev Sea. In (H. Kassens, V.Y. Karpiy Eds.) Russian-German Cooperation: The Transdrift I Expedition to the Laptev Sea. Reports on Polar Research 151, p.16-53

KASSENS, H. AND V.Y. KARPIY (Eds.), 1994: List of participants of the Transdrift I expedition. In: Russian-German Cooperation: The Transdrift I Expedition to the Laptev Sea. Reports on Polar Research 151, p.92

KASSENS, H. AND I. DMITRENKO, 1995: List of participants of the TRANSDRIFT II expedition. In (H. Kassens, Ed.) Laptev Sea System: Expeditions in 1994. Reports on Polar Research 18182182, p.114-115

Helmut Erlenkeuser
Leibnitz-Labor für Altersbestimmung und Isotopenforschung und Institut für Reine und Angewandte Kernphysik, C14-Labor der Universität
Max-Eyth-Straße 11
24118 Kiel
Germany