

Spät- und postglaziale Sedimentationsdynamik und Korngrößenverteilung im Oderhaff, südliche Ostsee

von

Anne Müller und Kerstin Hoffmann

MÜLLER, A., HOFFMANN, K. (1998): Spät- und postglaziale Sedimentationsdynamik und Korngrößenverteilung im Oderhaff, südliche Ostsee [Late- and Post-glacial Sedimentation Dynamics and Grain Size Distribution in the Oder Estuary, Southern Baltic Sea]. - Leipziger Geowissenschaften, Band 6, S. 199-209, 13 Abb., 1 Tab., Leipzig.

Zusammenfassung: Zur Rekonstruktion der spät- und postglazialen Sedimentationsdynamik im Oderhaff wurden 360 Einzelproben von 5 aus dem Gewässer entnommenen Sedimentkernen auf Ihre Korngrößenverteilung untersucht.

Aus den Korngrößenverteilungen in den spät- und postglazialen Sanden geht unter Anwendung des Hjulström-Diagramms hervor, daß im Oderhaff zu dieser Zeit Fließgeschwindigkeiten zwischen 0.5 und 7 cm/s vorherrschten. Die Ungleichförmigkeitszahlen der Sande streuen zwischen 1.2 und 2.7, die Krümmungszahlen liegen im Bereich von 0.7 bis 1.4. Die Korngrößen der spät- und postglazialen Sande zeigen eine nur geringe Streuung. Aus den Kornbändern, Ungleichförmigkeitszahlen und Krümmungszahlen kann man schlußfolgern, daß Abtragungsort, Transport und Sedimentation relativ einheitlich bzw. keinen größeren Schwankungen unterworfen waren. Untersuchungen mit dem Rasterelektronenmikroskop zeigten, daß die Körner der hier diskutierten Sandfraktionen abgerundet sind.

Aus dem Vergleich der Kornbänder für die postglazialen Schlicke läßt sich ableiten, daß in allen hier untersuchten Sedimentkernen ein nahezu gleichgroßes Korngrößenspektrum für diesen Teil der Sedimentationabfolge vorliegt. Erhebliche Schwankungen der Sedimentationsbedingungen sind innerhalb des Oderhaffs offensichtlich nicht aufgetreten. In allen hier beschriebenen Sedimentproben tritt jeweils nur ein sehr geringer Tonanteil auf. Die Ablagerung von Material erfolgte bei Fließgeschwindigkeiten zwischen 0.2 und 2 cm/s.

Die Schlicke des Kerns 18125 aus dem zentralen östlichen Oderhaff haben einen höheren Anteil feinkörnigen Materials als die der Kerne 18118 (westliches Oderhaff), 18120 und 18122 (beide östliches Oderhaff). Möglicherweise läßt sich diese Beobachtung aus der Lage dieses Beprobungspunktes ableiten, der sich weiter entfernt vom (heutigen) direkten Odereinfluß befindet. Offensichtlich lagen an dieser Stelle ruhigere Sedimentationsbedingungen vor.

Key words: late- and post-glacial sedimentation, grain size distributions, Oder Estuary (southern Baltic Sea)

Abstract: Late- and post-glacial sedimentation dynamics in the Oder Estuary (southern Baltic Sea) were reconstructed by investigating the grain size distributions of 360 samples from 5 sediment cores.

The grain size distributions of the late- and post-glacial sand sequences suggest that current velocities in the Oder Estuary were between 0.5 and 7 cm/s at this time. The uniformity coefficients of the sands range from 1.2 to 2.7; the curvature coefficients fall between 0.7 and 1.4. The grain sizes of the sands have a narrow range. From the grain size distribution as well as the uniformity and curvature coefficients, it can be seen that source areas, transport and sedimentation were relatively stable and did not undergo larger changes. Investigations with the Scanning Electron Microscope showed that the grains of the sands were rounded.

Comparison of the grain size distribution in the mud sequences of all cores shows that there is an almost equal range of grain sizes. Obviously, larger changes in the sedimentation patterns did not occur. In all sediment samples there was only a small clay fraction. The deposition of the material occurred at current velocities between 0.2 and 2 cm/s.

The muds of core 18125 from the central eastern Oder Estuary have a larger proportion of fine grained material than those of cores 18118 (western Oder Estuary), 18120 and 18122 (both eastern Oder Estuary). This may be explained by the position of sampling location 18125, which is further away from the (present) direct Oder River inflow. Obviously, quieter conditions for the deposition of material existed at this sampling location.

Anschrift der Autoren:

Anne Müller

Department of Geology, Australian National University
Canberra, ACT 0200, Australia

Kerstin Hoffmann

Universität Leipzig, Institut für Geophysik und Geologie
Talstraße 35, 04103 Leipzig, Germany

1. Einleitung

Das Oderhaff (Stettiner Haff bzw. Großes und Kleines Haff, Abb. 1) gehört mit seinen Nebengewässern zum Küstengebiet der Pommerschen Bucht. Es bildet den über 1 000 km² großen ästuarin-lagunären Mündungsraum der Oder (CORRENS 1972). Morphologisch wird das Haff zur Ostsee hin durch glazigene Inselkerne abgegrenzt, die durch holozäne Nehrungen miteinander verbunden sind (KLIEWE & JANKE 1991). Der Wasseraustausch mit der Ostsee erfolgt vorzugsweise über die Swina und in deutlich geringerem Maße über den Peenestrom und die Dziwna (CORRENS 1972).

Zur Rekonstruktion der holozänen Sedimentationsdynamik wurden fünf Sedimentkerne untersucht, die Zeiträume zwischen dem Alleröd und der Gegenwart erfassen (Abb. 1, Tabelle 1). Bei Kern 18112 aus dem Kleinen Haff gingen die oberen zwei Sedimentmeter bei der Probenahme verloren. Die Datierung der Sedimente ist an anderer Stelle beschrieben (MÜLLER et al. 1996). Für die Sedimentkerne 18122 und 18125 aus dem zentralen Teil des Großen Haffs erfolgte keine Altersbestimmung. Insgesamt wurden die Korngrößenverteilungen von 360 Einzelproben ermittelt.

Ein Vergleich der Haffkerne untereinander ergibt außer Gemeinsamkeiten in ihrer Entwicklung auch einige, insbesondere die prälitorinazeitlichen Abschnitte betreffende Besonderheiten. Letztere ergeben sich sowohl aus der Lage der Probennahmepunkte innerhalb der Haffgewässer - z. B. aus der Entfernung von der Mündung der Oder - als auch aus der Lage der Sedimentkörper zum Meeresspiegel.

Im Spätglazial bestanden im Großen und teilweise auch im Kleinen Haff von der Oder bzw. der Uecker durchflossene oligotrophe Seen mit vorwiegend sandiger Sedimentation. Im südlichen Teil des Großen Haffs wurden spätglaziale/frühholozäne Fein- und Mittelsande angetroffen. Im westlichen Kleinen Haff liegt ein nahezu vollständiges Allerödprofil als Feinsand-Torf-Wechsellagerung vor, welche für einen zu jener Zeit steigenden Wasserspiegel spricht. Zwischen 8 200 und 6 000 BP bestanden im Großen und Kleinen Haff mesotrophe Seen. Im Südtel des Großen Haffs wird das Seenstadium durch eine Torflage unterbrochen, deren Alter in das frühe Jüngere Atlantikum gestellt wird. Je nach Tiefenlage setzte im Anschluß an die See-Phase zwischen 7 000 und 5 000 BP die Litorina-Transgression ein (vgl. MÜLLER et al. 1996).

Spätestens während der im Subboreal auftretenden Regressionsphase schlossen sich die Außenküsten bis auf die Mündungsräume der Flüsse. Die Kontaktbereiche zwischen Meer und Haffn wurden aber auch in der Folgezeit noch weiter eingeebnet durch das sich bis in die Gegenwart fortsetzende Wachstum von Haken und Nehrungen (JANKE et al. 1993). Die zunehmende Abriegelung der Boddenbecken, die für das Große und Kleine Haff zwischen 4 000 und 3 000 BP einsetzte, wider-spiegelt sich in der Beschaffenheit und Zusammensetzung der Sedimente. Die für die heutigen Bodengewässer charakteristische Schlicksedimentation setzte erst nach erfolgter Schließung der Außenküstennehrungen ein. Die Folgen dieser Abriegelung waren ein immer geringer werdender Ostseewassereinstrom, eine zunehmende Aussüßung und Eutrophierung der Gewässer sowie eine Beschleunigung der Schlicksedimentation (JANKE et al. 1993, MÜLLER et al. 1996, MÜLLER 1997).

2. Material und Methoden

Visuell als sandig eingeordnete Proben wurden trocken in 1/3 PHI°-Schritten (Siebgrößen 0.063 mm, 0.08 mm, 0.1 mm, 0.125 mm, 0.16 mm, 0.2 mm, 0.25 mm, 0.315 mm, 0.4 mm, 0.5 mm, 0.63 mm, 0.8 mm, 1.0 mm, 1.25 mm) gesiebt. Die Siebergebnisse wurden in Summenverteilungskurven aufgetragen. Aus den Summenverteilungskurven dieser Daten wurden graphisch die d₆₀-, d₃₀- und d₁₀-Werte ermittelt. Aus den letztgenannten Werten berechnet sich die Ungleichförmigkeitszahl (auch Ungleichförmigkeitsgrad) U nach der Formel:

$$U = \frac{d_{60}}{d_{10}}$$

sowie die Krümmungszahl (auch Abstufungsgrad oder Körnungsziffer) C:

$$C = \frac{d_{30}^2}{d_{10} \cdot d_{60}}$$

wobei d₆₀, d₃₀ und d₁₀ der Korndurchmesser ist, der in der Summenkurve bei jeweils 60%, 30% beziehungsweise 10% des Massenanteils vorliegt (DIN 18196).

Bei allen anderen Proben, die aus feinerem Material bestanden, wurde das organische Material

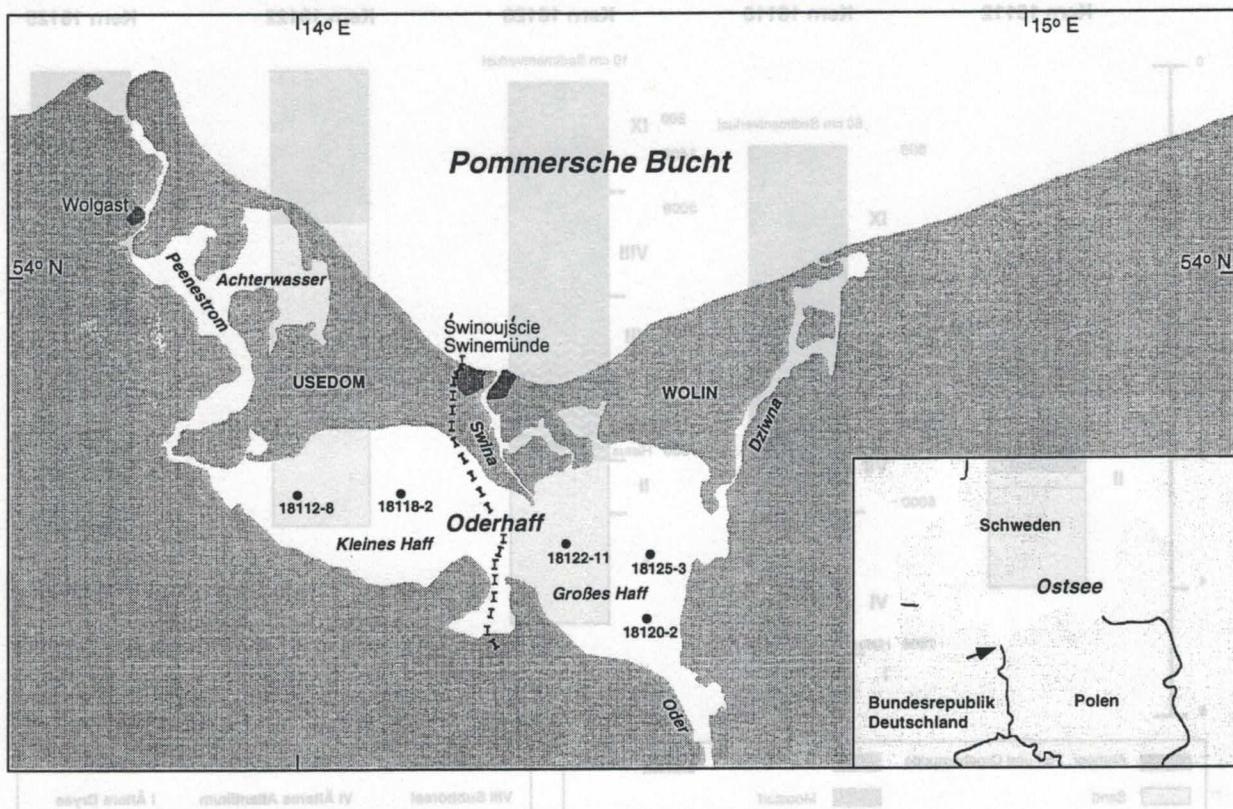


Abb. 1: Untersuchungsgebiet Oderhaff mit Beprobungspunkten.

Fig. 1: Study area and sampling locations.

Tab. 1: Überblick zu den Probennahmestationen: Koordinaten, Wassertiefen und Längen der entnommenen Sedimentkerne.

Table 1: Sampling locations, water depths, and lengths of sampled sediment cores.

Sedimentkern	Gewässer	Breite Nord	Länge Ost	Wassertiefe	Kernlänge
18112-8	Kleines Haff	53° 49.2	14° 00.0	5.50 m	1.90 m
18118-2	Kleines Haff	53° 49.2	14° 08.8	5.60 m	4.30 m
18120-14	Großes Haff	53° 42.5	14° 30.0	5.70 m	4.15 m
18122-11	Großes Haff	53° 46.5	14° 21.4	6.40 m	3.40 m
18125-3	Großes Haff	53° 45.8	14° 30.1	6.20 m	3.95 m

unter mehrmaligem Hinzufügen von 10%iger Wasserstoffperoxidlösung (H_2O_2) bei Erwärmung entfernt. Nach Zusatz von destilliertem Wasser wurden die Proben ca. 15 min in einem Ultraschallbad behandelt. Die Messung der Korngrößenverteilung erfolgte dann mit einem Laser-Particle-Analyzer (Typ GALAI-CIS der Firma LASER-OPTIK-TECHNOLOGIE/L.O.T. Darmstadt). Bei dieser Messung wird

mit Hilfe eines rotierenden Helium-Neon-Laserstrahls ein Schatten des sich in der Meßebene befindenden Sedimentpartikels erzeugt. Aus Umriß und Dauer des Schattens wird dann über einen Impulseditor die Partikelgröße bestimmt. Zur Anwendung gelangte das Meßmodul 2-300 μm , die Messung erfolgte mit der Küvettenmethode (NIEDERMAYER 1993).

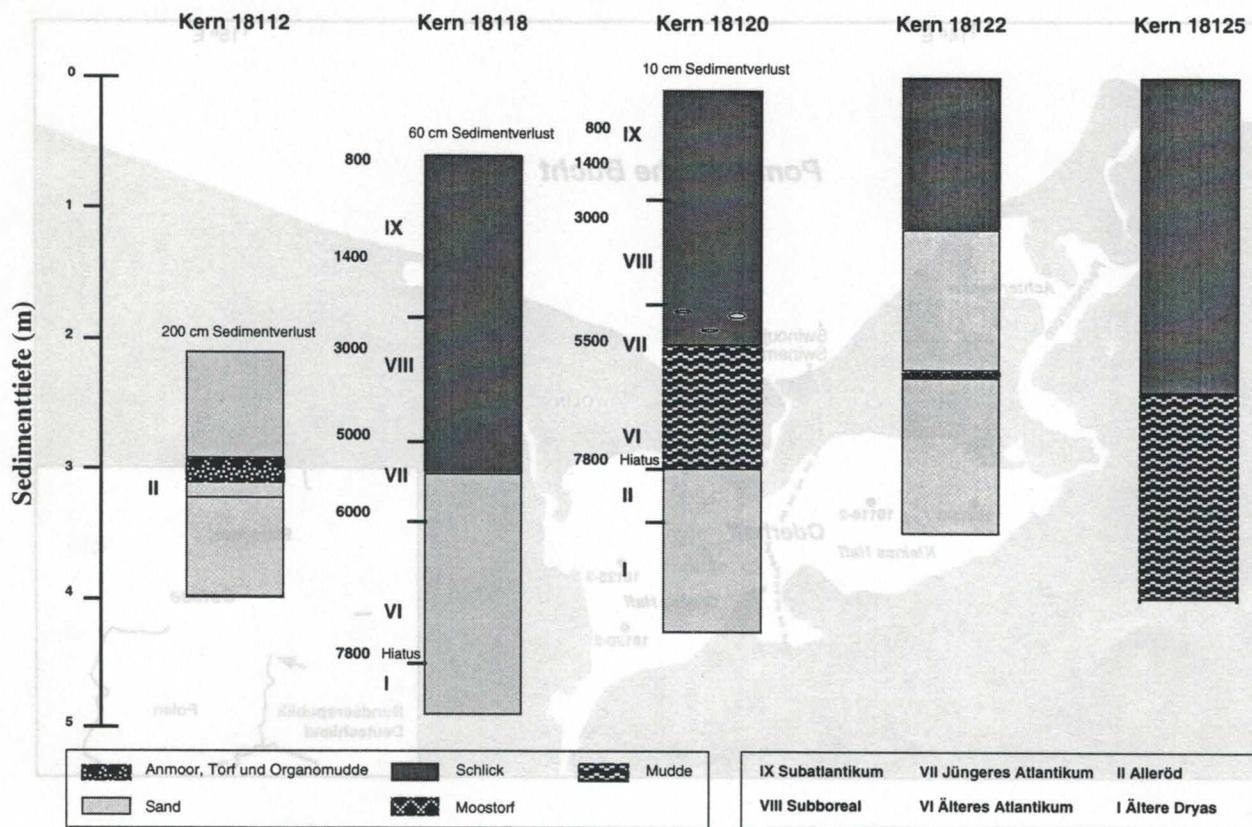


Abb. 2: Darstellung der erbohrten Sedimentkerne. Am linken Rand der Abbildung der Kerne 18112, 18118 und 18120 sind das Alter der Sedimente BP und Pollenzonen angegeben.

Fig. 2: Sediment sequences of sampled cores. On the left of cores 18112, 18118 and 18120, years BP and pollen zones are shown.

3. Ergebnisse und Diskussion

3.1. Sedimentabfolge, Sedimentationsraten und Sedimentakkumulation im Oderhaff

Im folgenden Abschnitt wird eine kurze Beschreibung der erfassten Sedimentabfolge der in dieser Arbeit untersuchten Sedimentkerne aus dem Oderhaff gegeben. Aussagen zu linearen Sedimentationsraten und zu Sedimentakkumulationsraten vervollständigen die Charakterisierung der Ablagerungsvorgänge.

3.1.1. Kleines Haff

Im Kleinen Haff wurden die Kerne 18112 und 18118 (Abb. 1 und 2) untersucht. Für Kern 18112 liegt eine Sedimentabfolge ab dem Alleröd vor. Die obersten zwei Sedimentmeter gingen bei der Probenahme verloren. Die Sedimente sind im wesentlichen Feinsande von ca. 4.00 m bis 2.10 m Tiefe (-9.50 bis -7.60 m NN), die durch eine organisch reiche Lage (Anmoor/Torf bis Organomudde) von 3.10 m bis 2.92 m Tiefe (-8.60 m bis -8.42 m NN) unterbrochen werden. Diese Lage entspricht den

Ufer- und ufernahen Ablagerungen eines Klarwasserssees (vgl. MÜLLER et al. 1996).

Kern 18118 reicht bis ins Spätglazial (Mittelsande ab 4.90 m bis 4.50 m Sedimenttiefe, d. h. -10.50 m bis -10.10 m NN). Nach einem Hiatus liegen ab 7 800 BP im Älteren Atlantikum ebenfalls Mittelsande an. Die Schlicksedimentation beginnt in der Mitte des Jüngeren Atlantikums (3.04 m Sedimenttiefe, -8.64 m NN) und setzt sich bis in die Gegenwart fort (Subboreal, 2.80-1.85 m Sedimenttiefe, d. h. -8.40 m bis -7.45 m NN, und darauffolgendes Subatlantikum).

Sedimentationsraten (in mm pro Jahr) wurden im Kleinen Haff am Kern 18118 ermittelt. Die lineare Sedimentationsrate betrug in den Sanden im Älteren und Jüngeren Atlantikum 0.6 mm/a. Im Subboreal wurden ca. 0.4 mm/a abgelagert. Im darauffolgenden Älteren Subatlantikum (2 500-1 400 BP), lag eine Sedimentationsrate gleicher Größenordnung von 0.4 mm/a vor. Für den Zeitraum des Mittleren Subatlantikums/Anfang des Jüngeren Subatlantikums wurden 0.93 mm/a als lineare Sedimentationsrate errechnet.

3.1.2. Großes Haff

Im Großen Haff wurden drei Sedimentkerne (18120, 18122, 18125) untersucht (Abb. 1 und 2). Lineare Sedimentationsraten wurden im Großen Haff am Kern 18120 ermittelt. Dieser reicht bis in 4.25 m Sedimenttiefe (-9.95 m NN), wo spätglaziale Feinsande liegen. Letztere wurden bis in das Alleröd hinein abgelagert. Dann tritt bis ca. 7 800 BP ein Hiatus auf. Darüber liegt von 3.00 m bis 2.05 m Sedimenttiefe (-8.70 m bis -7.75 m NN) eine Mudder an (Atlantikum, ca. 7 800-5 500 BP). Im Verlauf des Jüngeren Atlantikums kam es zu einem Vertorfungsstadium, auf das erneut eine Seephase folgte. Im Jüngeren Atlantikum setzt dann um 5 500 BP die Ablagerung von Schlick ein (2.05 m Sedimenttiefe, -7.75 m NN), die über Subboreal (1.75 m bis 0.95 m Sedimenttiefe, d. h. -7.45 m bis -6.65 m NN) und über das gesamte Subatlantikum (ab 0.95 m Sedimenttiefe, -6.65 m NN) bis zur Gegenwart hin reicht.

Während der Seephase im Atlantikum, d. h. von etwa 7 800 bis 5 500 BP, wurden im Großen Haff (Kern 18120) Sedimente mit einer linearen Rate von 0.4 mm/a abgelagert. In der Endphase des Jüngeren Atlantikums und im Subatlantikum (5 500-2 500 BP) betrug die lineare Sedimentationsrate etwa 0.37 mm/a. Im Ältesten und Mittleren Subatlantikum (2 500-800 BP) wurden um 0.3 mm/a abgelagert. Im Jüngeren Subatlantikum betrug die lineare Sedimentationsrate 0.56 mm/a.

Kern 18122 im Großen Haff reicht bis in 3.50 m

Tiefe (-9.90 m NN). Bis zu 1.24 m Tiefe (-7.64 m NN) wurden Feinsande sedimentiert, die nur durch ein Band von Moostorf (2.29-2.25 m Tiefe, -8.69 m bis -8.65 m NN) unterbrochen werden. Ab 1.17 m Tiefe (-7.57 m NN) setzt Cardienschlick ein, der in ca. 60 cm Tiefe in organisch-reichen Schlick mit Süßwassermollusken übergeht.

Kern 18125 aus dem Großen Haff ist ca. 4 m lang. Von 4.00 m bis 2.42 m (-10.20 m bis -8.62 m NN) liegt eine Mudder mit Süßwassermollusken an. Über dieser Mudder erfolgte bis zur Gegenwart hin die Ablagerung von Schlick. Dieser Schlick ist ab 1.36 m (-7.56 m NN) organisch-reich.

3.2. Korngrößenverteilung und Sedimentationsdynamik im Oderhaff

Im folgenden Abschnitt werden Korngrößenverteilung, Ungleichförmigkeitszahlen (Abb. 4) und Krümmungszahlen (Abb. 5) diskutiert. Unter Anwendung des Hjulström-Diagramms (Abb. 3), in dem das Auftreten von Erosion, Transport und Sedimentation bestimmter Korngrößen als Funktion der Fließgeschwindigkeit gezeigt wird, wird die Sedimentationsdynamik im Oderhaff während des Spät- und Postglazials rekonstruiert.

3.2.1. Kleines Haff

Die sandigen Proben aus dem Spätglazial und dem Alleröd (Tiefen 2.10-4.00 m, d. h. -7.60 bis -9.50 m NN) des **Kerns 18112** aus dem Kleinen Haff (Abb. 6) liegen im Fein- und Mittelsandbereich,

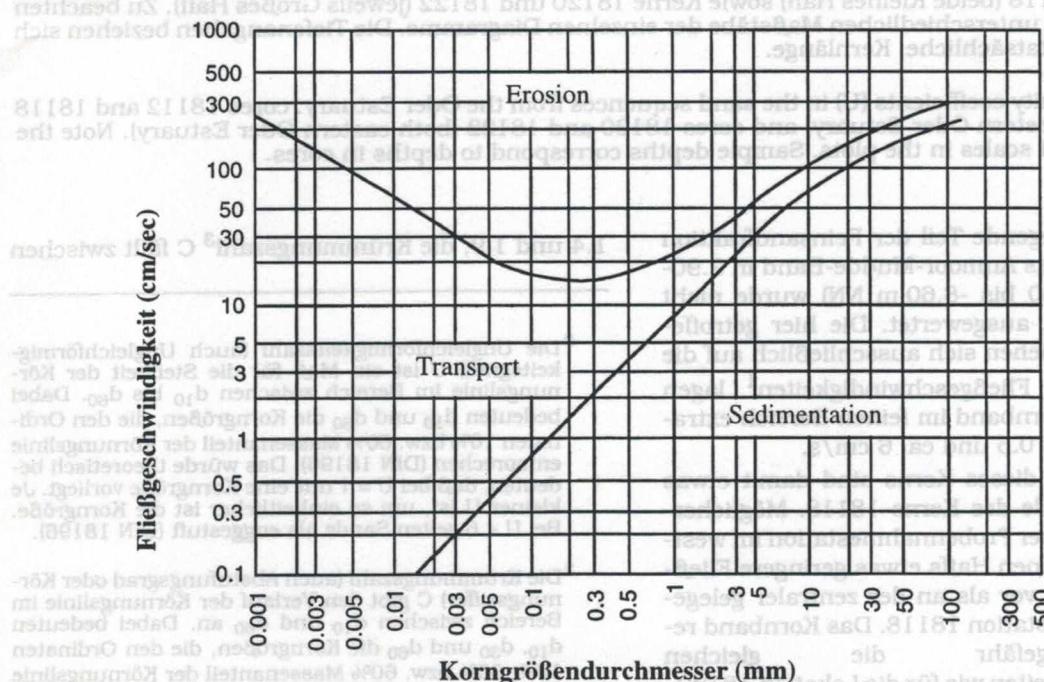


Abb. 3: Hjulström-Diagramm: Erosion, Transport und Sedimentation bestimmter Korngrößen als Funktion der Fließgeschwindigkeit (nach HJULSTRÖM, aus FLOSS 1979).

Fig. 3: Hjulström-diagram: erosion, transport and sedimentation of grain sizes as a function of current velocity (after HJULSTRÖM, from FLOSS 1979).

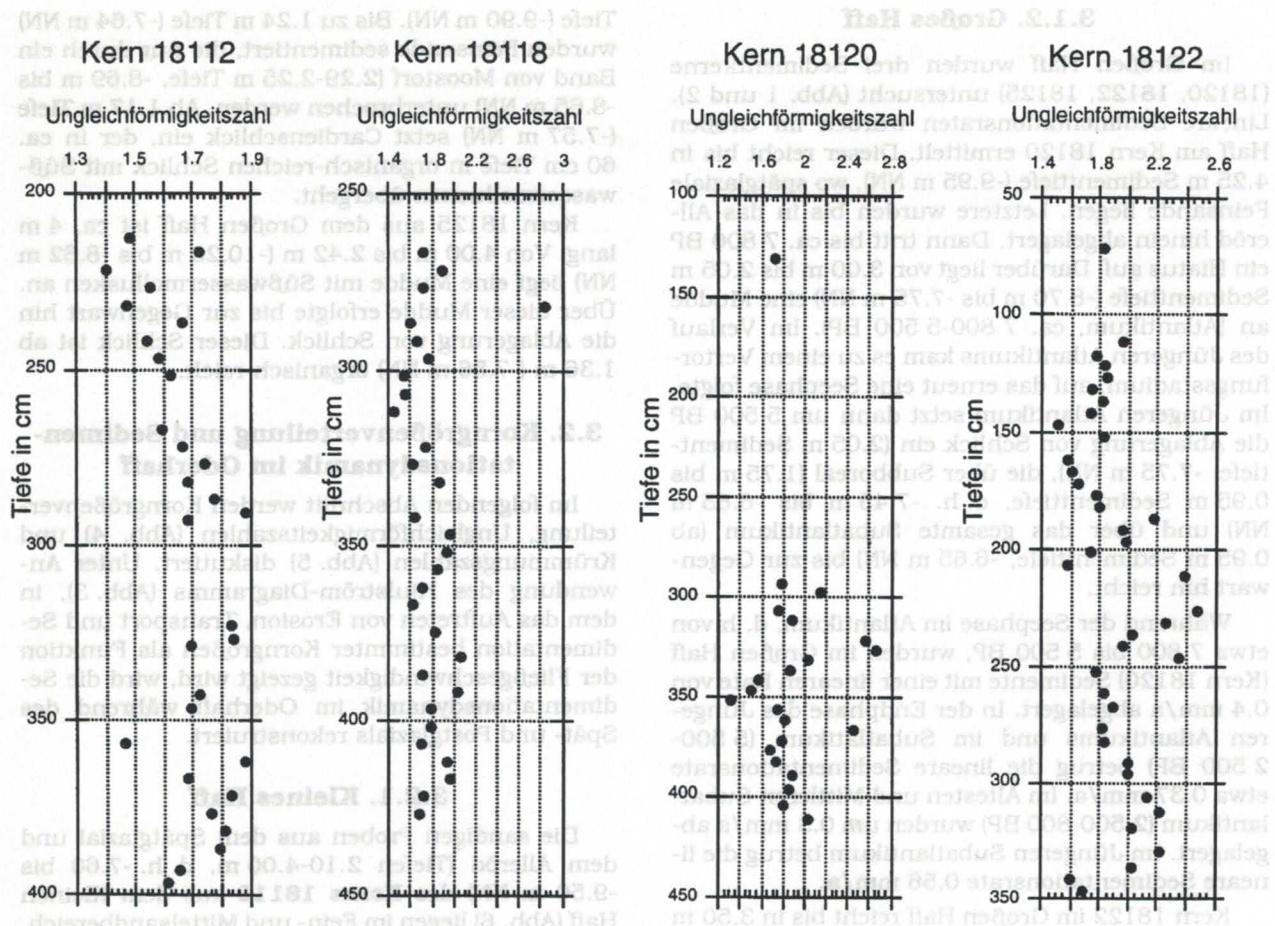


Abb. 4: Ungleichförmigkeitszahlen (U) für die sandigen Sedimentproben aus dem Oderhaff: Kerne 18112 und 18118 (beide Kleines Haff) sowie Kerne 18120 und 18122 (jeweils Großes Haff). Zu beachten sind die unterschiedlichen Maßstäbe der einzelnen Diagramme. Die Tiefenangaben beziehen sich auf die tatsächliche Kernlänge.

Fig. 4: Uniformity coefficients (U) in the sand sequences from the Oder Estuary: cores 18112 and 18118 (both western Oder Estuary) and cores 18120 and 18122 (both eastern Oder Estuary). Note the different scales in the plots. Sample depths correspond to depths in cores.

wobei der überwiegende Teil der Feinsandfraktion zuzuordnen ist. Das Anmoor-Mudde-Band in 2.90-3.10 m Tiefe (-8.40 bis -8.60 m NN) wurde nicht mitgemessen bzw. ausgewertet. Die hier getroffenen Aussagen beziehen sich ausschließlich auf die Sandproben. Die Fließgeschwindigkeiten¹ lagen (wenn man das Kornband im feinen Bereich extrapolierte) zwischen < 0.5 und ca. 6 cm/s.

Die Sedimente dieses Kerns sind damit etwas feiner als die Sande des Kerns 18118. Möglicherweise lagen an dieser Probennahmestation im westlichen Teil des Kleinen Haffs etwas geringere Fließgeschwindigkeiten vor als an der zentraler gelegenen Probennahmestation 18118. Das Kornband reflektiert ungefähr die gleichen Fließgeschwindigkeiten wie für die Lokation 18120.

Die Ungleichförmigkeitszahl² U liegt zwischen

1.4 und 1.9, die Krümmungszahl³ C fällt zwischen

² Die Ungleichförmigkeitszahl (auch Ungleichförmigkeitsgrad) U ist ein Maß für die Steilheit der Körnungslinie im Bereich zwischen d_{10} bis d_{60} . Dabei bedeuten d_{10} und d_{60} die Korngrößen, die den Ordinaten 10% bzw. 60% Massenanteil der Körnungslinie entsprechen (DIN 18196). Das würde theoretisch bedeuten, daß bei U = 1 nur eine Korngröße vorliegt. Je kleiner U ist, um so einheitlicher ist die Korngröße. Bei U < 6 gelten Sande als enggestuft (DIN 18196).

³ Die Krümmungszahl (auch Abstufungsgrad oder Körnungsziffer) C gibt den Verlauf der Körnungslinie im Bereich zwischen d_{10} und d_{60} an. Dabei bedeuten d_{10} , d_{30} und d_{60} die Korngrößen, die den Ordinaten 10%, 30% bzw. 60% Massenanteil der Körnungslinie entsprechen (DIN 18196). Bei C >> 3 oder C << 1 sind z. B. für Böden lockere, d. h. hohlräumreichere Lagerung und bei C = 1 bis 3 dichtere Lagerungen zu erwarten (jeweils bei gleichen Entstehungsbedingungen). C ist damit ein Maß für die Stetigkeit der Körnungslinie, d. h. der Parameter gibt an, ob bestimmte Fraktionen vorrangig oder weniger vorrangig vorhanden sind. Bei C > 3 baucht die Körnungslinie nach unten, bei C < 1 baucht diese nach oben aus.

¹ Ermittelt unter Anwendung des Hjulström-Diagramms, siehe Abb. 3 (aus FLOSS 1979)

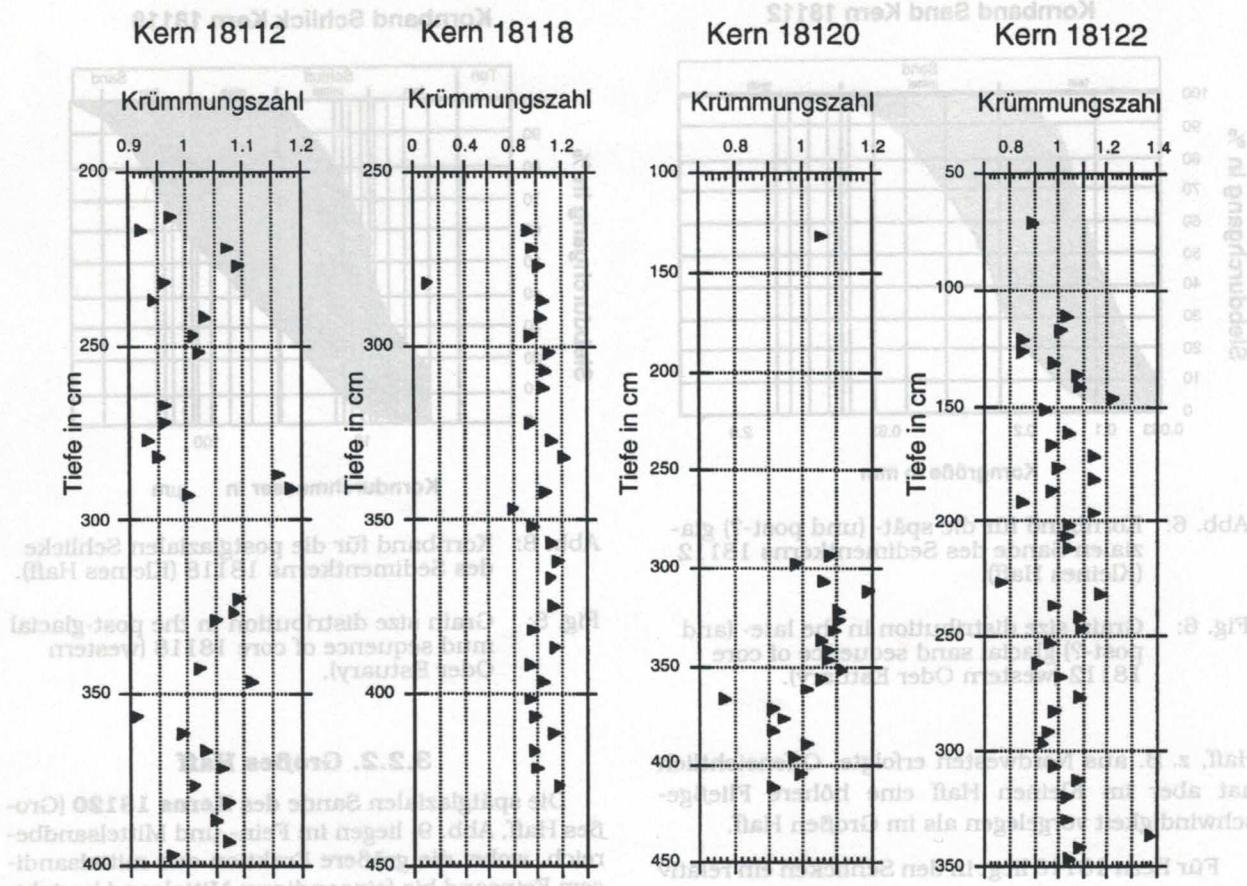


Abb. 5: Krümmungszahlen (C) für die sandigen Sedimentproben aus dem Oderhaff: Kerne 18112 und 18118 (beide Kleines Haff) sowie Kerne 18120 und 18122 (jeweils Großes Haff). Zu beachten sind die unterschiedlichen Maßstäbe der einzelnen Diagramme. Die Tiefenangaben beziehen sich auf die tatsächliche Kernlänge.

Fig. 5: Curvature coefficients (C) in the sand sequences from the Oder Estuary: cores 18112 and 18118 (both eastern Oder Estuary), cores 18120 and 18122 (both western Oder Estuary). Note the different scales in the plots. Sample depths correspond to depths in cores.

0.9 und 1.2, d. h. sowohl für U als auch für C liegt eine sehr geringe Streuung vor. Die Sedimentationsbedingungen und die Fließgeschwindigkeit sind offensichtlich recht konstant gewesen.

Die spätglazialen Sande des **Kerns 18118** (Abb. 7) decken die Kongrößenfraktionen von Fein- bis Grobsand ab und sind etwas größer als die des Kerns 18120. Die Fraktion < 0.1 mm im Kern 18118 ist deutlich geringer und im Gegensatz zum Kern 18120 tritt auch Grobsand auf. Die U-Werte ähneln denen des Kerns 18120, sind aber im Durchschnitt geringfügig niedriger als für diesen. U bewegt sich zumeist zwischen 1.4 und 2, d. h. die Sande sind insgesamt etwas enggestufter. C liegt mehrheitlich zwischen 0.8 und 1.2, wobei die Werte denen des Kerns 18120 ähnlich sind. Offensichtlich lagen nahezu gleiche Sedimentationsbedingungen für die Sande beider Kerne vor. Die Fließgeschwindigkeit muß zwischen ca. 0.7 und 7 cm/s gelegen haben.

Bei Untersuchungen mit dem Rasterelektronen-

mikroskop war zu sehen, daß die Körner der hier diskutierten Sandfraktionen abgerundet sind. Generell ist es nicht möglich aus dieser Studie abzuleiten, ob im Oderhaff Toteis bei der Sedimentation der spätglazialen Sande eine Rolle gespielt hat, wie es BRAMER (1964) für das Kleine Haff vorgeschlagen hat. Es soll davon ausgegangen werden, daß die Theorie von BRAMER (1964) zu den hier gegebenen Überlegungen zu den relativen Fließgeschwindigkeiten nicht im Widerspruch steht.

Die Schlicke des Kerns 18118 (Abb. 8) aus dem Kleinen Haff, die einen Zeitabschnitt vom Atlantikum bis in das Subatlantikum erfassen, haben Kongrößen im Schluff- bis Mittelsandbereich. Der Sandanteil ist deutlich höher als z. B. bei Kern 18120 aus dem Großen Haff (vgl. Abb. 8 und 10). Es ist in dieser Studie nicht eindeutig klarbar, ob ein direktes Einmünden der Oder in das Große Haff und erst nachfolgend ein Einströmen der Wassermassen in das Kleine Haff ein realistisches Modell ist, oder ob ein direktes Einfließ in das Kleine

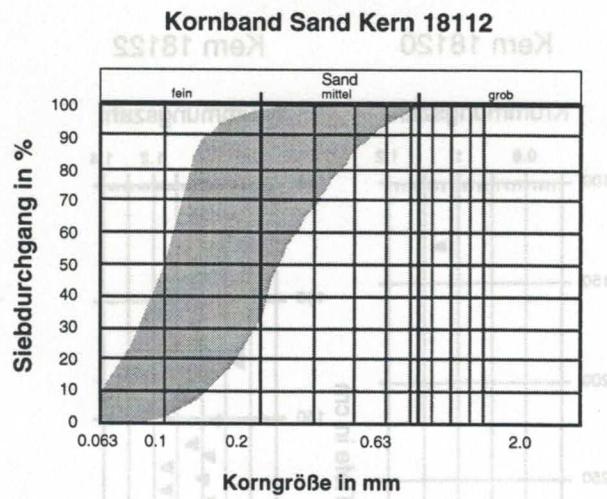


Abb. 6: Kornband für die spät- (und post-?) glazialen Sande des Sedimentkerns 18112 (Kleines Haff).

Fig. 6: Grain size distribution in the late- (and post-?) glacial sand sequence of core 18112 (western Oder Estuary).

Haff, z. B. aus Nordwesten erfolgte. Offensichtlich hat aber im Kleinen Haff eine höhere Fließgeschwindigkeit vorgelegen als im Großen Haff.

Für Kern 18118 liegt in den Schlickern ein relativ breiteres Kornband und damit ein größeres Korngrößenspektrum vor als in den Schlickern der anderen entnommenen Sedimentkerne. Generell lässt sich aussagen, daß bei stärkerer Fließgeschwindigkeit neben dem Anteil der größeren Fraktion auch die Streubreite der Fraktionen wächst (siehe Hjulström-Diagramm, Abb. 3).

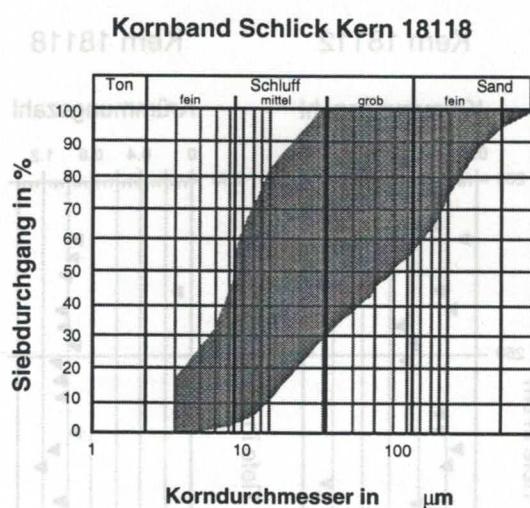


Abb. 8: Kornband für die postglazialen Schlicke des Sedimentkerns 18118 (Kleines Haff).

Fig. 8: Grain size distribution in the post-glacial mud sequence of core 18118 (western Oder Estuary).

Kornband Sand Kern 18118

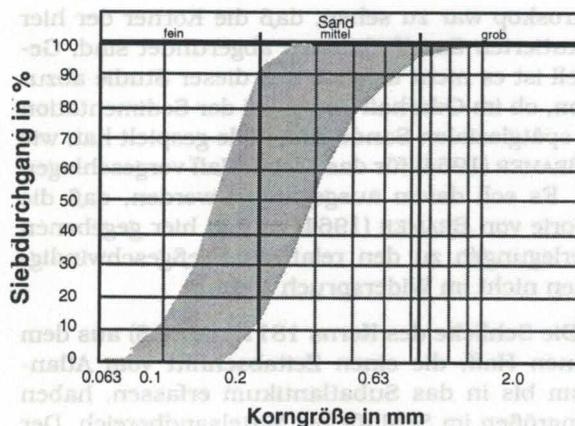


Abb. 7: Kornband für die spät- und postglazialen Sande des Sedimentkerns 18118 (Kleines Haff).

Fig. 7: Grain size distribution in the late- and post-glacial sand sequence of core 18118 (western Oder Estuary).

Kornband Sand Kern 18120

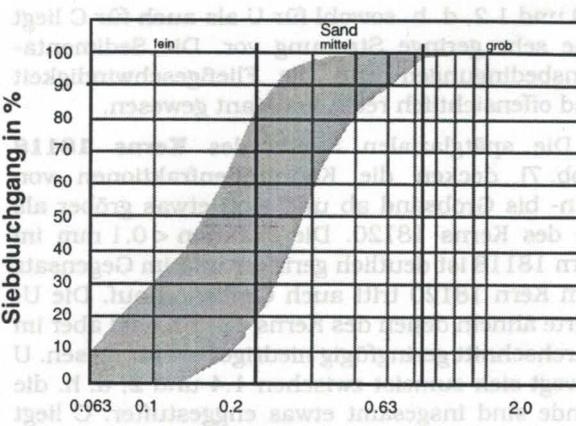


Abb. 9: Kornband für die spätglazialen Sande des Sedimentkerns 18120 (Großes Haff).

Fig. 9: Grain size distribution in the late-glacial sand sequence of core 18120 (eastern Oder Estuary).

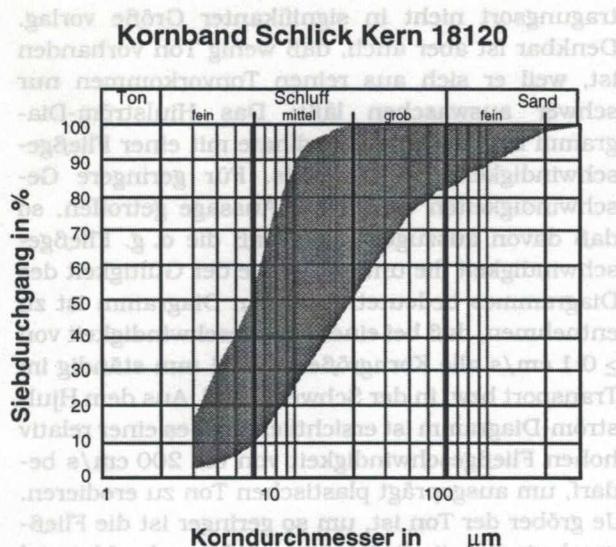


Abb. 10: Kornband für die postglazialen Schlicke des Sedimentkerns 18120 (Großes Haff).

Fig. 10: Grain size distribution in the post-glacial mud sequence of core 18120 (eastern Oder Estuary).

zwischen 3.40 m und 3.55 m Kerntiefe (-9.20 m bis -9.35 m NN) haben so niedrige U-Werte (Spannweite von 1.31 bis 1.56), wie sie eigentlich für holozäne Flugsande ($U = 1.55$ für Dünensande nach PRINZ 1991) ermittelt wurden. Bei Kern 18120 liegen über 15 cm fortlaufend niedrige U-Werte (also ähnlich Dünensanden) vor, während in den anderen Kernen nur Einzelproben solche geringen Werte zeigen. Es ist denkbar, daß die Werte für den Kern 18120 eine längere Periode konstanter Bedingungen für die Ablagerung von Material widerspiegeln.

Es fällt auf, daß die Sedimente des Kerns 18120 keinen Grobsand enthalten. Innerhalb des Oderhaffs erfolgte die Ablagerung von Grobsand an anderer Stelle bei höheren Fließgeschwindigkeiten (z. B. Probennahmepunkt 18118, vgl. Abb. 7). Es ist möglich, daß der Grobsand bereits früher auf dem Transportweg abgelagert wurde.

Die Krümmungszahl C deutet auf relativ stetige Körnungslinien ohne größere Ausbauchungen und ohne Fehlkörnungen. Die Zahlenwerte der Krümmungszahl fallen in einen relativ engen Streubereich und liegen in Größenordnungen zwischen 0.7 und 1.2 bzw. wenig außerhalb.

Zusammenfassend läßt sich ableiten, daß die Korngrößen der Sande im oben diskutierten Kern einen relativ geringen Streubereich haben. Man kann aus den Werten Kornbänder, Ungleichförmigkeitszahl und Krümmungszahl folgern, daß die Sedimentationsbedingungen relativ einheitlich bzw. keinen größeren Schwankungen unterworfen waren.

Die Proben aus der Schlickabfolge des gleichen Kerns (18120, Großes Haff, Abb. 10), die zeitlich in das auslaufende Jüngere Atlantikum, das Subboreal und das Subatlantikum fallen (Abb. 2), haben Korngrößen, die sich über den Schluff- und Fein-

sandbereich verteilen, wobei Mittelschluff überwiegt. Aus der Breite des Kornbandes läßt sich ableiten, daß keine größeren Streuungen innerhalb des Korngrößenspektrums vorgelegen haben. Erhebliche Schwankungen der Sedimentationsbedingungen sind offensichtlich nicht aufgetreten. Die Sedimentation erfolgte bei Fließgeschwindigkeiten von < 0.2 bis 2.0 cm/s.

Kern 18122: Die Sande dieses Kerns (Abb. 11) zeigen die gleiche Breite der Kornbänder und umfassen etwa den gleichen Bereich der Korngrößenfraktion wie die der Kerne 18112 und 18120. Es lagen Fließgeschwindigkeiten zwischen < 0.5 und 6 cm/s vor. U fällt zwischen 1.5 und 2.5, C zwischen 0.7 und 1.4. Beide Parameter zeigen daher auch für Kern 18122 eine geringe Streuung und - wie an den Probennahmestationen der Kerne 18112, 18118 und 18120 - muß die Fließgeschwindigkeit an diesem Probennahmepunkt weitgehend auf einem Niveau gewesen sein.

Die Schlicke des Kerns 18122 (Abb. 12) bestehen aus Feinschluff bis Feinsand. Insgesamt haben 15% des Probenmaterials Korngrößen < 0.003 mm. Der Anteil der feineren Fraktion ist etwas geringer als im Kern 18125 (östliches Großes Haff, Abb. 13) aber ähnlich wie in Kern 18118 (zentral im Kleinen Haff gelegen, Abb. 8) und Kern 18120 (südlicher Teil des Großes Haffs, Abb. 10). Alle hier genannten Sedimentkerne zeigen ein nahezu gleiches Korngrößenspektrum. Nur in den Kernen 18118 und 18125 kommt noch etwas Mittelsand vor, d. h. die entsprechenden Kornbänder und folglich auch die Korngrößenspektren sind geringfügig breiter. Die Schlickproben der Kerne 18120 und 18122 enthalten keinen Mittelsand, woraus sich nach dem Hjulström-Diagramm das Vorherrschende relativ niedriger Fließgeschwindigkeiten ableiten läßt.

Kornband Sand Kern 18122

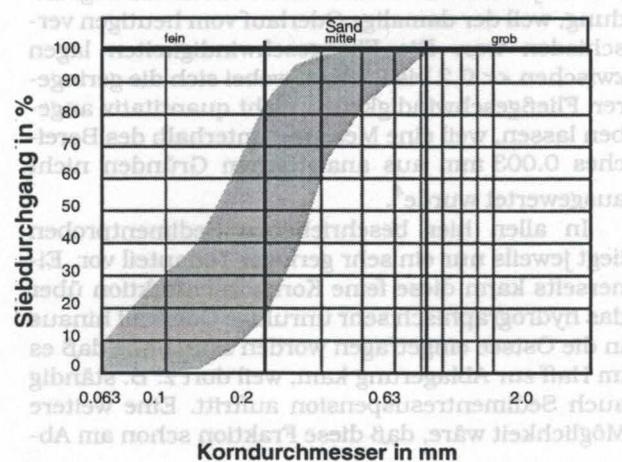


Abb. 11: Kornband für die Sande des Sedimentkerns 18122 (Großes Haff).

Fig. 11: Grain size distribution in the sand sequence of core 18122 (eastern Oder Estuary).

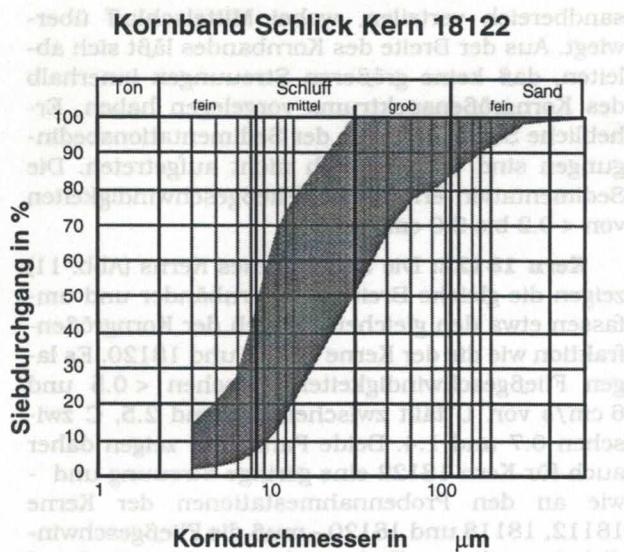


Abb. 12: Kornband für die Schlicke des Sedimentkerns 18122 (Großes Haff).

Fig. 12: Grain size distribution in the mud sequence of sediment core 18122 (eastern Oder Estuary).

Die Schlicke des **Kerns 18125** (Abb. 13) sind deutlich feiner als die der Kerne 18118, 18120 und 18122. Es fällt auf, daß 35% des Materials einen Korndurchmesser $< 0.003 \text{ mm}$ haben (zum Vergleich: In den Kernen 18118 und 18120 waren es jeweils 18%).

Möglicherweise läßt sich diese Aussage aus der Lage dieses Beprobungspunktes im Haff ableiten, der sich weiter entfernt vom (heutigen) direkten Oderereinfluß befindet. Man würde daher schlüffolgen, daß hier offensichtlich ruhigere Sedimentationsbedingungen im Vergleich zur Lokation 18120 vorlagen, die sich weiter südlich und vor dem unmittelbaren Einstrombereich der Oder befindet. Das ist jedoch nicht sicher eine zutreffende Begründung, weil der damalige Oderlauf vom heutigen verschieden war. Die Fließgeschwindigkeiten lagen zwischen << 0.2 bis 2 cm/s, wobei sich die geringeren Fließgeschwindigkeiten nicht quantitativ angeben lassen, weil eine Messung unterhalb des Bereiches 0.003 mm aus analytischen Gründen nicht ausgewertet wurde⁴.

In allen hier beschriebenen Sedimentproben liegt jeweils nur ein sehr geringer Tonanteil vor. Einseitig kann diese feine Korngrößenfraktion über das hydrographisch sehr unruhige Oderhaff hinaus in die Ostsee eingetragen worden sein, ohne daß es im Haff zur Ablagerung kam, weil dort z. B. ständig auch Sedimentresuspension auftritt. Eine weitere Möglichkeit wäre, daß diese Fraktion schon am Ab-

tragungsort nicht in signifikanter Größe vorlag. Denkbar ist aber auch, daß wenig Ton vorhanden ist, weil er sich aus reinen Tonvorkommen nur schwer auswaschen läßt: Das Hjulström-Diagramm beginnt an der Ordinate mit einer Fließgeschwindigkeit von 0.1 cm/s. Für geringere Geschwindigkeiten wird keine Aussage getroffen, so daß davon auszugehen ist, daß die o. g. Fließgeschwindigkeit die untere Grenze der Gültigkeit des Diagrammes bedeutet. Aus dem Diagramm ist zu entnehmen, daß bei einer Fließgeschwindigkeit von $\geq 0.1 \text{ cm/s}$ alle Korngrößen $< 0.01 \text{ mm}$ ständig im Transport bzw. in der Schwebeflüssigkeit sind. Aus dem Hjulström-Diagramm ist ersichtlich, daß es einer relativ hohen Fließgeschwindigkeit von ca. 200 cm/s bedarf, um ausgeprägt plastischen Ton zu erodieren. Je größer der Ton ist, um so geringer ist die Fließgeschwindigkeit, die benötigt wird, um das Material zu resuspendieren. Diese Tendenz (feineres Material erfordert höhere Fließgeschwindigkeiten für die Erosion) setzt sich bis in den Mittelschluffbereich fort. Erst ungefähr ab der Grenze Mittelschluff/Grobschluff ist der mechanische Regelfall erreicht, daß mit wachsender Fließgeschwindigkeit zunehmend größere Korndurchmesser erodiert werden. Erst dann verhält sich das Sediment rein mechanisch, d. h. die Wirkung der Kohäsion tritt nicht mehr signifikant auf.

Besonders im Bereich der Schlicke, für die überwiegend Fließgeschwindigkeiten in einer Spannweite von 0.2-2 cm/s ermittelt wurden, können relativ hohe Kolloidgehalte vorherrschen. In einem solchen Fall besteht die Möglichkeit der Unterschätzung der Fließgeschwindigkeit, die tatsächlich vorherrschte.

Kornband Schlick Kern 18125

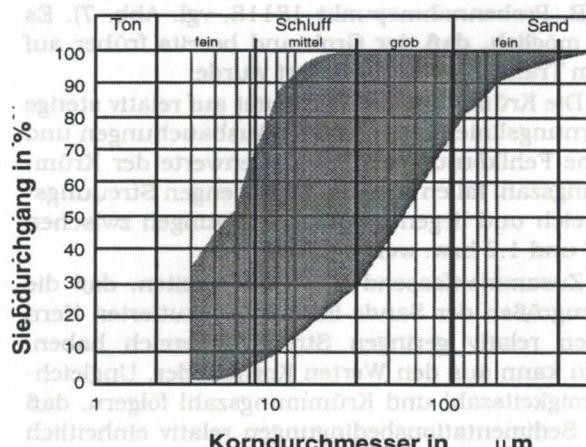


Abb. 13: Kornband für die Schlicke des Sedimentkerns 18125 (Großes Haff).

Fig. 13: Grain size distribution in the mud sequence of sediment core 18125 (eastern Oder Estuary).

⁴ In diesem Meßbereich können Dauerschwebeteile und auftretende Koagulation einen überdurchschnittlich großen Fehler verursachen, wodurch die Interpretation der entsprechenden Werte zu falschen Rückschlüssen auf die Sedimentationsbedingungen führen würde.

Danksagung

Herrn Professor W. JANKE sei für die Datierung der Sedimente sowie für zahlreiche Diskussionen gedankt. Herr Dr. R.-O. NIEDERMEYER ermöglichte die Arbeiten mit dem Laser-Particle-Analyzer.

Literatur

- BRAMER, H. (1964): Das Haffstauseegebiet: Untersuchungen zur Entwicklungsgeschichte im Spät- und Postglazial. - Habilitationsschrift Universität Greifswald, 167 S.; Greifswald. - [Unveröff.].
- CORRENS, M. (1972): Beiträge zur Hydrographie des Kleinen Haffs und des Peenestroms. - Diss. Humboldt-Universität Berlin, 239 S.; Berlin. - [Unveröff.].
- DIN 18196 (1988): Erd- und Grundbau: Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke. 5 S.
- FLOSS, R. (1979): Kommentar zu den Zusätzlichen Technischen Vorschriften und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau (ZTVE-StB76), 454 S.; Bonn - Bad Godesberg.
- JANKE, W., KLIEWE, H. & STERR, H. (1993): Holozäne Genesis der Boddenküste Mecklenburg-Vorpommerns und deren künftige klimabedingte Entwicklung. In: SCHELLENHUBER, H.-J. & STERR, H. (Hrsg.): Klimaänderung und Küste: 137-152; Berlin-Heidelberg.
- KLIEWE, H. & JANKE, W. (1991): Holozäner Küstenausgleich im südlichen Ostseegebiet bei besonderer Berücksichtigung der Boddenausgleichsküste Vorpommerns. - Petermanns Geogr. Mitt., 1: 1-14; Gotha.
- MÜLLER, A., JANKE, W. & LAMPE, R. (1996): Zur Sedimentationsgeschichte des Oderhaffs. - Bodden 3: 167-172; Kloster/Hiddensee.
- MÜLLER, A. (1997): Die Rekonstruktion von Sedimentationsgeschichte und Paläomilieu des Oderhaffs unter Anwendung geochemischer Methoden. - Z. dt. geol. Ges., 148, 2: 271-278; Stuttgart.
- NIEDERMEYER, R.-O. (1993) (Hrsg.): Holozäne Sedimentationsgeschichte und recente Sedimentdynamik im Bereich der südlichen Arkonasee und benachbarter Boddengewässer. DFG-Forschungsbericht, Geol.-Paläontol. Institut, Univ. Greifswald, 68 S.; Greifswald.
- PRINZ, H. (1991): Abriß der Ingenieurgeologie, 466 S.; Stuttgart.