

26. Eine vereinfachte Methode zur schnellen Charakterisierung der granulometrischen Zusammensetzung von Sedimenten

Von

Otto Mellis

Inhalt

Einleitung	283
Problemstellung	286
Prüfung der Methode	288
Beispiele der Anwendbarkeit der Methode für die Untersuchung der Tiefseesedimente.	290
Beispiele aus der Literatur	295
Zusammenfassung	296
Literaturverzeichnis	297

Einleitung

Schon am Beginn der mineralogisch-petrographischen Untersuchung des von der schwedischen Tiefsee-Expedition „Albatross“ 1947/48 eingesammelten Materials stellte es sich heraus, dass die üblichen, in der Sedimentpetrographie bewährten Methoden zu zeitraubend und zu teuer für die Bewältigung des riesenhaften Untersuchungsmaterials waren. Die „Albatross“-Expedition hatte mit Hilfe des von KULLENBERG (1947) konstruierten Kolbenlotes bis zu 20 Meter lange Lotkerne aus dem Tiefseeboden entnehmen können. Von der Expedition wurden mehrere Hunderte von Lotkernen mit einer Gesamtlänge von ung. 1650 Meter eingesammelt. Die langen Lotkerne forderten eine Bearbeitung, die zum Unterschied von den früheren Expeditionen, nicht nur arealmässig, sondern auch stratigraphisch das Material erfassen sollte, was seinerseits zur dichten Probenentnahme aus den Lotkernen (jede 10 cm) führte. Auf diese Weise entstanden viele Tausende von Proben, die von verschiedenen Gesichtspunkten, u.a. auch mineralogisch-petrographisch untersucht werden sollten.

Eine sedimentpetrographische Untersuchung fordert ja, dass das Sediment vorerst in Korngrössenklassen zerlegt wird. Dies ist nicht nur für die Erfassung der für den Sedimentpetrographen wichtigen granulometrischen Zusammensetzung notwendig, sondern ist zugleich auch eine Vorbereitung des Sedimentes zur mikroskopischen, chemischen und röntgenographischen Untersuchung. Eine Zerlegung des Sedimentes in Korngrössenklassen ist aber bekanntlich eine zeitraubende Angelegenheit. Aus diesem Grunde hat die Mehrzahl der

Forscher, die sich mit der Untersuchung des „Albatross“-Materials beschäftigten, auf die Korngrößenanalysen verzichtet. Vollständige Korngrößenanalysen sind nur an einzelnen Abschnitten einiger Lotkerne ausgeführt worden (NORIN 1958, LOCHER 1958).

Im Laufe der Untersuchung kam der Verfasser auf den Gedanken, die vollständige granulometrische Analyse durch ein einfacheres Verfahren zu ersetzen. Dabei wurde nicht erstrebt, die Daten der Korngrößenanalysen durch irgendwelche andere Werte zu ersetzen, da dies aus vielen Gründen unpraktisch, ja sogar unmöglich ist. Es wurde nun ein Versuch gemacht durch eine radikale Herabsetzung der Klassenzahl die zur Ausführung der Analysen benötigte Zeit möglichst zu verkürzen. Wie es sich bald herausstellte, ist eine Zerlegung des Sedimentes in nur 2 Korngrößenklassen in den meisten Fällen genügend, um eine grobe Vorstellung über die Korngrößenverteilung zu erhalten und um die verschiedenen Sedimente miteinander zu vergleichen.

Es ist natürlich sehr wichtig bei einer solchen Aufteilung des Sedimentes Voraussetzungen für eine danach folgende quantitative mineralogisch-petrographische Bearbeitung zu schaffen. Die gröbere von den zwei erhaltenen Fraktionen lässt sich mit Erfolg quantitativ-mikroskopisch untersuchen. Jedenfalls ist dazu eine spezielle Methodik notwendig, an der der Verfasser seit Jahren arbeitet. Da die Ausarbeitung dieser Methodik noch nicht abgeschlossen ist, sei hier lediglich auf den ersten Teil des Verfahrens eingegangen.

Sämtliche in dieser Arbeit benutzten Bestimmungen des Anteils der Fraktion $> 6 \mu$, wie auch des Wassergehaltes der Sedimente (Lotkerne 238, 205, 188, 199, 201, 205, 207 und 209) wurden mit grösster Sorgfalt von Dr STINA GRIPENBERG im Ozeanographischen Institut in Göteborg, im Rahmen der systematischen Untersuchung des Materials der „Albatross“-Expedition, ausgeführt. Es wurden dazu frische (nicht zu lange aufbewahrte) und naturfeuchte, sorgfältig von den etwaigen an der Oberfläche des Lotkernes befindlichen Verunreinigungen befreite Proben verwendet. Wie die Erfahrung gezeigt hat, sind die an lange aufbewahrten und auch an bei $+105$ bis 110°C getrockneten Sedimentproben erzielten Korngrößenverteilungskurven verschieden von denjenigen, die am frischen, sich im natürlichen Zustand befindlichen Material erhalten werden. Dies ist oft die Ursache der schlechten Übereinstimmung der am selben Material von verschiedenen Forschern ausgeführten granulometrischen Analysen. Da die hier vorgeschlagene Methode auf der Zerteilung des Sedimentes in nur zwei Korngrößenklassen beruht, ist es sehr wichtig, dass die so erhaltenen Werte zuverlässig sind.

Problemstellung

Die granulometrische Zusammensetzung eines Sedimentes kann bekanntlich bei Zergliederung desselben in eine genügende Anzahl von Korngrößenklassen graphisch durch eine Verteilungskurve dargestellt werden. Werden anstatt der

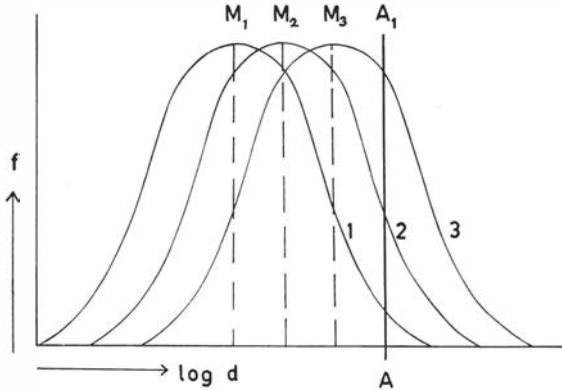


Abb. 1. 1, 2, 3-drei log-Normalkurven mit Medianen M_1 , M_2 und M_3 . AA_1 -Indexlinie. f -Frequenz, d -Korndurchmesser.

direkten Werte die Logarithmen der Klassengrenzen als unabhängige Variable auf der Abszisse aufgetragen, so erhält diese Kurve einen höheren Grad der bilateralen Symmetrie und kann als eine logarithmisch-normale Verteilungskurve aufgefasst werden. Doch sind auch solche Korngrößenverteilungskurven der Sedimente selten ganz symmetrisch. Ungeachtet dessen und des Umstandes, dass die granulometrische Zusammensetzung der Sedimente gelegentlich mit Hilfe von anderen mathematischen Beziehungen (z. B. der Roller- oder der Rosin-Gleichung) beschrieben wird, wollen wir, um die uns interessierenden Eigenschaften der Verteilungskurven zu untersuchen, mit dem idealisierten Fall der logarithmischen Normalkurve beginnen.

Nehmen wir an, dass die drei logarithmischen Normalverteilungskurven 1, 2 und 3 auf Abb. 1 die granulometrische Zusammensetzung dreier verschieden grober Sedimente darstellen. M_1 , M_2 und M_3 seien die entsprechenden logarithmischen Mediane. Ziehen wir nun durch einen bestimmten Wert von $\log d$ (d = Korndurchmesser) und parallel der Ordinate eine Gerade AA_1 , in Fortsetzung kurzweg Indexlinie genannt, werden die Flächen unter allen drei Verteilungskurven in je zwei Stücke geteilt. Wir haben somit jedes der drei Sedimente graphisch in je zwei Korngrößenklassen zerlegt. Beim Vergleich der z. B. rechts der Indexlinie liegenden Flächenstücke erweist sich, dass das der Kurve 1 (Medianwert M_1 am niedrigsten) zugehörige Flächenstück am kleinsten, das der Kurve 3 zugehörige (Medianwert M_3 am höchsten) am größten ist. Die Grösse der von der Indexlinie abgeschnittenen Flächenstücke resp. der größeren Korngrößenklassen ist somit direkt (beim Vergleich der Flächenstücke links der Indexlinie bzw. feinkörnigeren Fraktion, umgekehrt) proportional dem Medianwert. Die Proportionalität ist jedenfalls keine lineare. Dies ergibt sich aus den Gleichungen der logarithmischen Normalkurve.

Eine nähere Untersuchung des Einflusses von Exzess, Asymmetrie und Mehrgipfeligkeit auf die relative Grösse der durch die Indexlinie abgeschnittenen Flächenstücke und deren Verhältnis zu Medianwerten zeigt, dass dieser

Einfluss, wenn auch in vielen Fällen merkbar, für den hier verfolgten Zweck vernachlässigt werden kann.

Diese Beziehung zwischen dem Indexwert (= von der Indexlinie abgeschnittenes Flächenstück der Verteilungskurve) und dem Median kann zur Beschreibung der Korngrößenverteilung der Sedimente herangezogen werden. Dabei ist folgendes zu beachten: Die Form einer Verteilungskurve kann nicht durch nur einen Wert beschrieben werden, also auch nicht durch den Median allein. Doch gibt die Grösse des Medians Auskunft über die Form der Kurve und kann als solche zur Beschreibung der Korngrößenverteilung der Sedimente dienen. Besonders nützlich ist der Median beim gegenseitigen Vergleich verschiedener Sedimente. Der Median kann aber erst aus den Daten einer vollständigen Korngrößenanalyse errechnet werden. Verfügt man nicht über solche Daten, ist ein anderer Weg einzuschlagen. Hier erweist sich die Beziehung Indexwert–Median als sehr nützlich. Will man eine Serie von Sedimenten in bezug auf die Mediane gegenseitig vergleichen, genügt es in den meisten Fällen, einen Vergleich der Indexwerte anzustellen. Bei einem solchen Vergleich sind wir nicht daran interessiert, wie gross der einem bestimmten Indexwert entsprechende Median ist, da diese Frage auf dem hier eingeschlagenen Weg nicht beantwortet werden kann. Wir sind vielmehr interessiert, durch den Vergleich von verschiedenen Indexwerten die gegenseitige Stellung der entsprechenden Mediane bei den untersuchten Kurven (bzw. Sedimenten) zu ermitteln. Der Zweck des Vergleiches besteht in der Beantwortung der Frage nach der relativen Lage der Kurve (bzw. des Medians) in einer Gemeinschaft von anderen Kurven (bzw. Medianen). In die Sprache des Sedimentpetrographen übersetzt heisst dies, durch den Vergleich lediglich der Fraktionen die gröber sind, als ein bestimmter Korngrössenwert (Indexwert) herauszufinden, welches Sediment relativ gröber oder feinkörniger ist. Für eine solche Aufgabe scheinen die durch die Form der Verteilungskurve und die Lage der Indexlinie hervorgerufenen Abweichungen des eingeschätzten Medians vom wahren unwesentlich zu sein.

Der Gedanke, mit nur zwei Fraktionen bei einem Vergleich der Korngrößenverteilungen der Sedimente auszukommen, ist nicht so absurd, wie es auf den ersten Blick den Anschein gibt. Hätten wir, wie oft angenommen wird, bei den Sedimenten mit idealen logarithmisch-normalen Verteilungskurven zu tun, wäre ja eine Zerlegung in nur drei Korngrössenklassen völlig genügend, um die ganze Kurve zu beschreiben. Die drei Fraktionen würden auf dem logarithmischen Wahrscheinlichkeitsnetz zwei Punkte der Summenlinie und somit die Linie (Gerade) selbst bestimmen.

Prüfung der Methode

Um das Verfahren praktisch nachzuprüfen, wurden die Daten der von GRIPENBERG (1943) an den Sedimenten der Ostsee sehr sorgfältig ausgeführten

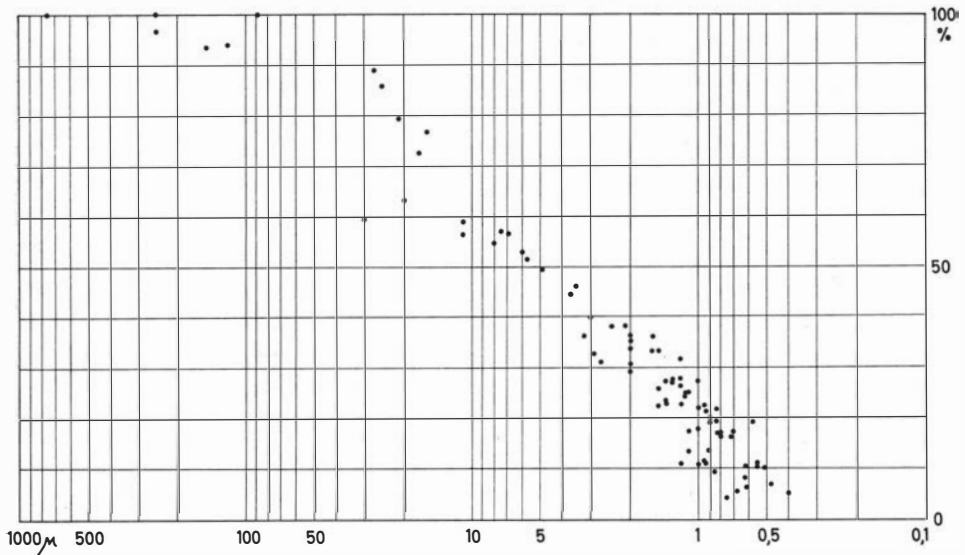


Abb. 2. Beziehung zwischen dem log-Median und dem Indexwert (Fraktion $> 5 \mu$). Abszisse, log-Median, Ordinate, Gewichtsprozente der Fraktion $> 5 \mu$.

Schlammungsanalysen benutzt. Wegen der Mannigfaltigkeit und starken Abweichung der Verteilungskurven von den Normalen eigneten sich die Ergebnisse der von Gripenberg ausgeführten Analysen vorzüglich für unsere Zwecke. Die Indexlinie wurde versuchsweise bei 5μ gezogen. Die Mengen (in Gew.%) der Korngrößenklasse $> 5 \mu$ sind den Tabellen in der Arbeit Gripenbergs entnommen und als Ordinatenwerte in ein Diagramm eingezeichnet (Abb. 2). Die zugehörigen logarithmischen Medianwerte wurden auf der Abszisse eingetragen. Auf diese Weise erhielt ein jedes Sediment einen Punkt auf dem Diagramm. Die Verteilung der Punkte lässt unzweideutig eine beinahe lineare Proportionalität zwischen der Fraktion $> 5 \mu$ und dem Median erkennen. Gemäss dem früher Gesagten über die Art der Proportionalität ist nicht zu erwarten, dass diese eine geradlinige lineare Verteilung der Punkte ergeben sollte. Abweichungen von der Kurve sind im allgemeinen nicht sehr gross und scheinen am grössten für die grobkörnigen Sedimente zu sein. Diejenige Punkte, die besonders weit vom vermutlichen Idealwert abweichen, gehören schlecht sortierten Sedimenten mit zwei- und mehrgipfeligen Verteilungskurven an.

Ganz ähnliche Zusammenstellungen über die Beziehung zwischen dem Median und dem Anteil der Fraktion $< 10 \mu$ wurden von KLENOVA und POPOV (1948), wie auch von LISIZIN (1956) veröffentlicht.

KLENOVA und POPOV haben die beiden Grössen im arithmetischen Maßstab in das Diagramm eingetragen. Die Punkte legten sich dabei annähernd auf eine parabolische Kurve, die durch die Gleichung

$$M = 0,0000018(100 - f) + 0,002,$$

wo M = Median, f = Anteil der Fraktion $< 10 \mu$ in Gew. %, beschrieben werden kann. Die Verfasser gehen sogar soweit, dass sie es für möglich halten, mit Hilfe der aufgestellten Gleichung die Mediane aus den Gewichtsprozentmengen der Fraktion $< 10 \mu$ zu errechnen.

Das gleichartige Diagramm von LISIZIN umfasst Analysenwerte von 400 Sedimentproben aus der Beringsee. Obwohl logarithmische Medianwerte benutzt werden, ist die Beziehung nicht linear und wird durch eine nicht näher definierte Kurve ausgedrückt. LISIZIN betont die starke Streuung der Punkte im psammitischen Teil des Diagramms. Er verleugnet die Möglichkeit die Mediane auf die von KLENOVA und POPOV beschriebene Weise zu berechnen.

Ein näheres Studium aller dieser Diagramme und die Erfahrung lassen deutlich den Einfluss der Lage der Indexlinie auf die Empfindlichkeit des Indexwertes erkennen. Wird die Indexlinie durch einen von dem Median zu stark unterschiedlichen Korngrößenwert gezogen, sind die von dieser Linie abgeschnittenen Kurvenstücke zu klein und zugleich unempfindlich gegenüber den Lageveränderungen der Kurven. So z. B. kann eine für die tonigen Sedimente recht gewählte Indexlinie ihre Bedeutung bei sehr sandigen Sedimenten verlieren. Wenigstens sind die auf diese Weise erhaltenen Indexwerte für die sandigen Sedimente unempfindlich und ergeben beim Vergleich ein verschwommenes Bild der gegenseitigen granulometrischen Position der Sedimente. Durch diesen Umstand sind für die Anwendung des Indexwertes Grenzen gesetzt. Am besten lässt sich das Verfahren beim Vergleich von genetisch einigermassen gleichartigen Sedimenten anwenden. Es wurde in erster Hand für die Tiefseesedimente entwickelt und bei diesen hat es sich gut bewährt, wie das aus dem Inhalt des nächsten Abschnittes zu ersehen ist.

Zieht man die Indexlinie durch $6,3$ bzw. $7,8 \mu$, besteht die Möglichkeit diese durch eine mehr differenzierte granulometrische Analyse nach einer von den beiden, in der Sedimentpetrographie sehr geläufigen Korngrössenskalen zu ergänzen. Auch in bezug auf die granulometrische Zusammensetzung der Tiefseesedimente im allgemeinen scheinen diese Klassengrenzen geeignet zu sein: Die Indexlinie kommt hier im Verhältnis zu der Verteilungskurve asymmetrisch, doch nicht peripher, zu liegen, was für die Empfindlichkeit des Indexwertes günstig ist. Schliesslich bietet die Wahl dieser Klassengrenze Vorteile für die mineralogisch-petrographische Bearbeitung der gröberen Fraktion. Körner kleiner als 6μ lassen sich sehr schwer und unsicher mikroskopisch bestimmen.

Beispiele der Anwendbarkeit der Methode für die Untersuchung der Tiefseesedimente

An Hand von einigen Beispielen sollen hier die wichtigsten Ergebnisse mitgeteilt werden, die bei der Anwendung des Verfahrens bei der Untersuchung der Tiefseesedimente aus dem Material der „Albatross“-Expedition erzielt wurden.

Tabelle 1. Schematische Beschreibung des Lotkernes 238

Die angeführten Zahlen stellen arithmetische Mittelwerte dar. Die Anzahl der Einzelbestimmungen ist nebenan mit den in Klammern gesetzten Werten angegeben.

Tiefe im Lotkern in cm	Die Art des Sedimentes	Anteil der Fraktion $> 6\mu$ in Gew. %	Gehalt an CaCO_3 in Gew. %
0-349	Roter Ton. Farbe braunschwarz	13,8 (34)	0,3 (4)
198-205	Sandige Zwischenschicht	48,6 (1)	
318-349	Roter Ton, Übergangsschicht		23 (5)
349-669	<i>Globigerinenschlamm</i> . Hellgraues, etwas grünliches Sediment, scharf gegenüber den darüber liegenden Roten Ton abgegrenzt	33,0 (31)	33 (35)
669-687	<i>Sand</i> . Geschichtet. Beginnt bereits bei 667 cm. Korngrösse nach unten zunehmend	93,6 (1) 95,3 (1)	
687-777	Roter Ton. Farbe braunschwarz	13,1 (8)	0,3
780-781,5	Übergangsschicht		49,1 (1)
777-1482	<i>Globigerinenschlamm</i> . Hellgraues feinkörniges Sediment. Die Grenze gegenüber dem Roten Ton ist unscharf	19,2 (64)	62 (62)

a) Der Lotkern 238 aus der Romanche-Tiefe im Atlantischen Ozean

An diesem 14,12 m langen Lotkern wurden insgesamt 142 Bestimmungen des Indexwertes (Fraktion $> 6\mu$) ausgeführt. Die Proben sind in 10 cm Abständen genommen und beziehen sich jedesmal auf eine 1,5 cm dicke Sedimentscheibe.

Da die wichtigsten Ergebnisse der an diesem Lotkern ausgeführten mineralogisch-petrographischen und geochemischen Untersuchungen bereits veröffentlicht sind (LANDERGREN 1954, MELLIS 1958), sei hier nur auf diejenigen Merkmale eingegangen, die die Brauchbarkeit der Indexwerte veranschaulichen können.

Aus der Tab. 1 und der Abb. 3 ist deutlich zu ersehen, dass die Indexwerte (Gewichtsprozent der Fraktion $> 6\mu$) sich konform mit der Variation der petrographischen und chemischen Zusammensetzung und der Farbe der im Lotkern enthaltenen Sedimente verändern. Ausserdem ist an den Schichtgrenzen eine sprungweise Änderung des Indexwertes zu konstatieren. Innerhalb der homogenen, genetisch gleichartigen Partien des Lotkernes schwanken die Indexwerte sehr wenig und der arithmetische Mittelwert ist dann für die betreffende Schicht ganz charakteristisch. So z. B. weisen die beiden Schichten des Roten Tons (0-349 cm und 687-777 cm) praktisch den gleichen Mittelwert von 13,8 bzw. 13,1 auf. Dagegen ist das arithmetische Mittel für die Indexwerte der beiden Schichten des *Globigerinenschlammes* verschieden. Dies ist durch den verschiedenen Charakter dieser megaskopisch sonst ganz ähnlichen Schichten bedingt. Der obere *Globigerinenschlamm* (349-669 cm) enthält zahlreiche Mineralkörner, die den Indexwert stark verschieben.

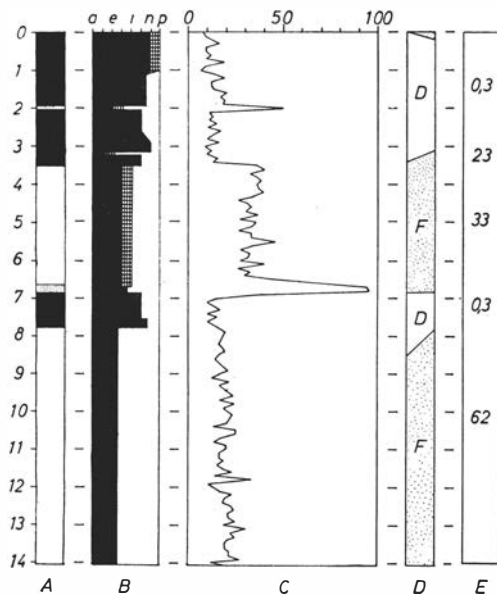


Abb. 3. Die Zusammensetzung und die Indexkurve des Lotkernes 238. **A**, Die Schichtenfolge. Schwarz—Roter—Ton; weiss—Globigerinenschlamm; punktiert—Sand. **B**, Farbe des Sedimentes nach der Farbmessstafel von W. OSTWALD. Schwarz- und Weissgehalt dargestellt durch dieselben Farben. Buntfarbe—kariert. Die Nummer der Buntfarbe ist 1 oder 2. **C**, Indexkurve. Abszisse—Anteil der Fraktion $> 6 \mu$ in Gew. %. **D**, Die vertikale Verteilung der Foraminiferen und Diatomeen. Schiefe Grenze entspricht einem allmählichen Übergang. *D*, Diatomeen, *F*, Foraminiferen. **E**, Der Karbonatgehalt in Gew. %.

Obwohl nur drei Bestimmungen des Gehaltes an Fraktion $> 6\mu$ für die Sandschicht 669–687 cm vorliegen, lässt sich die Zunahme der Korngrösse nach unten („graded bedding“) erkennen. Diese Beobachtung wurde durch eine eingehende Untersuchung des Sandes vollauf bestätigt.

Wie LANDERGREN (1954) zeigen konnte, folgen die Kurven für den Gehalt an Ti, Al, Ca, Mg, Ni, Mn, Fe und Co ziemlich der Indexkurve. Daraus wird die berechtigte Schlussfolgerung gezogen, dass die Verteilung dieser Elemente im Lotkern unter anderem auch von der granulometrischen Zusammensetzung der Sedimente abhängig ist.

Auch der Gehalt an Diatomeen konnte nach KOLBE (1955) durch eine Kurve dargestellt werden, die der Indexkurve sehr ähnlich ist.

Auf Grund dieser Erfahrung darf behauptet werden, dass die Kurve der Indexwerte die wesentlichsten granulometrischen Eigenschaften der Sedimente des Lotkernes 238 widerspiegelt, denn sonst wäre eine so gute Konformität mit den Kurven für die verschiedensten Sedimenteigenschaften nicht denkbar.

b) Der Lotkern 205 aus dem Tyrrhenischen Meer

Bereits 1949 wurde das hier vorgeschlagene Verfahren von mir zu einer vorläufigen Beschreibung des 17,88 m langen Lotkernes 205 verwendet (MELLIS

1951). Später hat NORIN (1958) diesen Lotkern einer sehr eingehenden und genauen Untersuchung unterzogen. Aus diesem Grunde können die auf Abb. 4 dargestellten Resultate der 1949 ausgeführten Inventur des Lotkernes als teilweise überholt angesehen werden, besonders was die Einschätzung der Mengenverhältnisse von verschiedenen Komponenten (vulkanogen, terrigen, organogen) anbetrifft. Das Diagramm ist hier nur deshalb herangezogen, um die Anwendbarkeit des Verfahrens vorzuführen.

Aus dem Verlauf der Indexkurve erkennt man sofort, dass der Lotkern stark geschichtet ist und aus granulometrisch verschiedenartigen Sedimenten besteht. Da die 215 analysierten Proben jedem zehnten Zentimeter des Lotkernes entstammen und routinemässig, ohne Rücksicht auf die Stratigraphie entnommen sind, widerspiegelt die Indexkurve nicht in allen Einzelheiten die tatsächliche Variationen in der Zusammensetzung: Dünnere Schichten, wie auch die Schichtgrenzen sind oft übersprungen.

Unbeachtet dieser Einschränkung können durch ein genaues Studium der Kurve bei gleichzeitiger Rücksichtnahme auf das Profilprotokoll folgende Feststellungen gemacht werden:

1. Viele psammitische Schichten, die meistens nur durch zwei Proben erfasst sind, weisen eine nach unten gerichtete Vergrößerung („graded bedding“) des Sedimentes auf. Diese Schichten wurden später von NORIN genau untersucht. Die von ihm an Hand von vielen, oft nur in 1–2 cm Abständen entnommenen Proben erzielten Ergebnisse bestätigen die von uns gemachten Feststellungen. Es ist eine noch ungeklärte Frage, ob die aus dem Diagramm ablesbare, nach unten gerichtete Zunahme des Indexwertes, die sich über grössere Abschnitte des Lotkernes erstreckt, wie z. B. diejenige zwischen 0,60 und 1,64 m oder eine solche zwischen 4,45 und 5,16 m, nicht eine in sich abgeschlossene Sedimentationsperiode darstellt.

2. Ein feinkörniges homogenes Sediment (Indexwerte 24,2–34,0, arithm. Mittel 29,1) ist auf einer Erstreckung von beinahe 3 Meter (14,4–11,6 m) vorhanden.

3. Dieses wird von einem ausserordentlich groben psammitischen Sediment (Indexwerte bis zu 100) unterlagert.

Diese beiden Feststellungen werden von NORIN bestätigt. Eine mehr stratigraphisch betonte Probenentnahme würde ein noch viel deutlicheres Bild der Sedimentverteilung ergeben.

c) *Der Wassergehalt der Lotkerne*

In den aus dem Mittelmeer herstammenden Lotkernen 188, 199, 201, 205, 207 und 209 wurde gleichzeitig mit der Bestimmung des Anteiles $>6 \mu$ auch der Wassergehalt der Proben ermittelt. Insgesamt wurden 724 Proben untersucht.

Der Wassergehalt der Sedimente ist von der granulometrischen Zusammen-

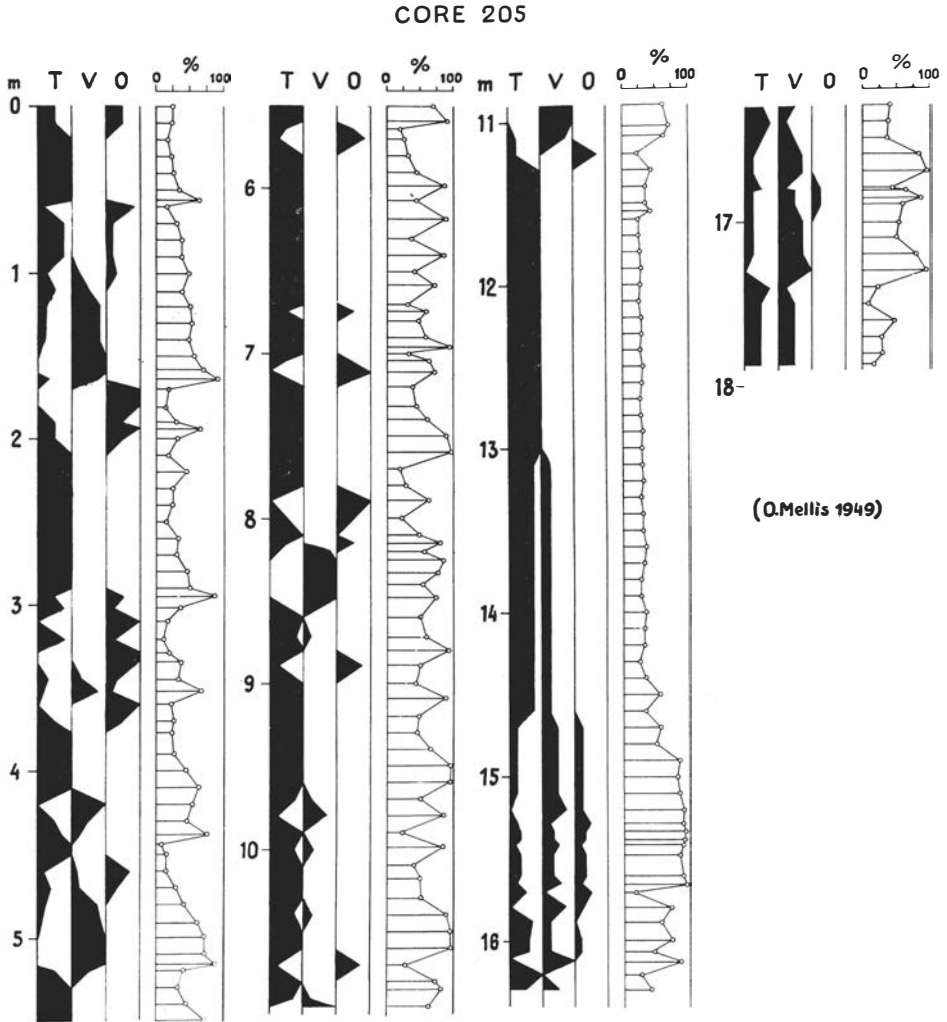


Abb. 4. Die Zusammensetzung und die Indexkurve des Lotkernes 205. Tiefe in Metern. In den drei vertikalen Spalten ist der Gehalt an terrigenen (*T*), vulkanogenen (*V*) und organogenen (*O*) Komponenten durch Schwärzung dargestellt. Die Breite einer jeden Spalte entspricht 100% der Komponente. Die Indexkurve stellt die Gew.% der Fraktion $>6 \mu$ dar.

setzung abhängig. Der Zusammenhang ist sehr kompliziert, da rein geometrische Eigenschaften des Sedimentes (Form und Packung der Körner) zusammen mit den Oberflächeneigenschaften und kolloidchemischen Eigenschaften den Wassergehalt bestimmen. Handelt es sich um Tiefseesedimente, die sich unter gleichen Bedingungen gebildet haben, kann in erster Annäherung angenommen werden, dass der Wassergehalt eine Funktion der granulometrischen Zusammensetzung ist.

In dem hier vorliegenden Fall entstammen die Lotkerne einer eng begrenzten Gegend (westliches Mittelmeer). Die Sedimente in allen diesen Lotkernen sind

vom gleichen Typus. Deswegen scheint der Versuch, die Abhängigkeit des Wassergehaltes von den Indexwerten zu studieren, angebracht zu sein.

Ein Vergleich des Wassergehaltes mit den Indexwerten auf Profildiagrammen (Abb. 5) zeigt eine gewisse Konformität zwischen diesen Werten. Im allgemeinen entsprechen den hohen Indexwerten (gröbere Sedimente) niedrigere Gehalte an Wasser. Dabei wurde beobachtet, dass in den tieferen Partien der Lotkerne diese Regelmässigkeit mitunter undeutlich wird oder sogar verschwindet (z. B. im Lotkern 227 aus dem Atlantischen Ozean).

Beispiele aus der Literatur

Abschliessend sei noch auf einige Arbeiten hingewiesen, die als Beispiele für die Anwendbarkeit des hier vorgeschlagenen Verfahrens für die Lösung sedimentologischer Fragestellungen dienen können.

1938 veröffentlichte STETSON eine Arbeit über die Sedimente des kontinentalen Schelfes der Ostküste von U.S.A. Diese Veröffentlichung enthält Diagramme, in denen für ganze Querprofile die regelmässige Veränderung von Median, Sortierungskoeffizient, log des Asymmetriekoeffizienten und des Gehaltes an Fraktion $<0,05$ mm vorgeführt wird. Dabei treten die gegenseitigen Beziehungen zwischen diesen Konstanten deutlich hervor, besonders diejenigen zwischen dem Median und der Fraktion $<0,05$ mm.

Durch Heranziehung des Gehaltes an kummulativen Fraktion $<2 \mu$ hat SHERMAN (1951) zeigen können, dass zwischen dieser Korngrösse (die als Indexwert aufgefasst werden kann) und der Feuchtigkeit der in Lake Mead abgelagerten Sedimente ein deutlicher Zusammenhang besteht. Diese Beziehung lässt sich durch die Gleichung

$$y = 3,63 + 11,77 (P_w)$$

ausdrücken, wo y Gewichtsprozente der Fraktion $<2 \mu$ und P_w die Feuchtigkeit darstellt.

KLENOVA (1948, 1950) hat in mehreren Veröffentlichungen die genetische Bedeutung der Korngrössenklasse $<10 \mu$ hervorgehoben. Sie empfiehlt eine auf dem Gehalt der Fraktion $<10 \mu$ beruhende Klassifikation der marinen Sedimente.

Die Forschungsgruppe des Lamont Geological Observatory der Columbia University [ERICSON, EWING, HEEZEN und WOLLIN (1955) und EWING, ERICSON und HEEZEN (1958)] hat die Korngrössenklasse $>74 \mu$ für die Konnektion der Sedimente weit voneinander entfernter Gegenden des Atlantischen Ozeans mit sehr gutem Erfolg verwenden können. Auch ergab sich eine sehr gute Übereinstimmung beim Vergleich der Verteilungskurven für die Fraktion $>74 \mu$ mit den Klimakurven (erhalten durch das Studium der Verhältniszahl zwischen den planktonischen Warmwasser- und Kaltwasserforaminiferen).

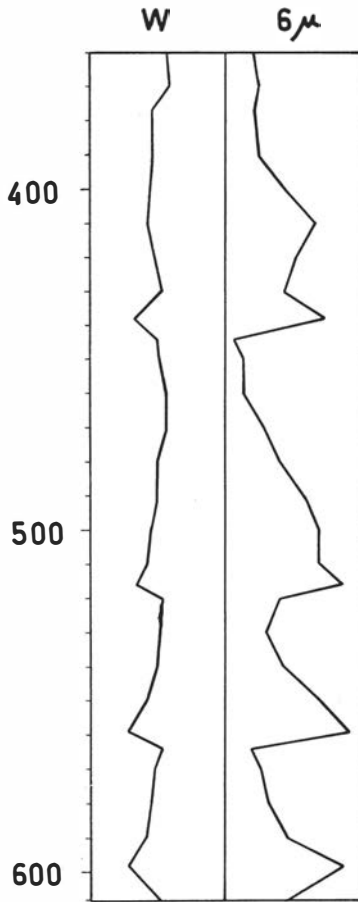


Abb. 5. Der Wassergehalt (W) und der Anteil der Fraktion $>6 \mu$ in dem Lotkern 205. Tiefe zwischen 360 und 610 cm. Die Breite einer jeden Spalte entspricht 100 %.

Zusammenfassung

Das hier beschriebene Verfahren hat trotz seiner Einfachheit den Vorteil genügend empfindlich zu sein. Die angeführten Beispiele der mit Hilfe dieses Verfahrens erzielten Ergebnisse zeigen, dass die praktischen Anwendungsmöglichkeiten, besonders bei Untersuchung von Tiefseesedimenten, gross sind.

Das Verfahren soll in keiner Weise als ein Ersatz für die vollständige granulometrische Analyse der Sedimente aufgefasst werden. Es ist nur dazu entwickelt worden um einen schnellen Überblick über die Korngrössenverhältnisse einer grossen Anzahl von Sedimenten zu ermöglichen. Das Verfahren baut auf den relativen Verhältnissen auf und kann als solches keine absoluten Grössen für die Korngrössenklassen ergeben. Auch kann das Verhältnis einer kumulativen Korngrössenklasse zum Median nicht die vollständige Beschreibung der Verteilungskurve in Symbolen der mathematischen Statistik ersetzen.

Der Wert des Verfahrens liegt in der Schnelligkeit und darin, dass es zugleich eine Vorstufe zur weiteren mineralogisch-petrographischen Erfassung des Sedimentes nach vereinfachten, schnellen Methoden bildet.

Das Bedürfnis nach einfachen, aber zugleich übersichtlichen Methoden zur Erfassung der wesentlichen Züge der granulometrischen Zusammensetzung der Sedimente besteht seit langem. Darauf hin deuten die Versuche, die Daten der vollständigen Schlämmanalysen durch gewisse Koeffizienten zu ersetzen. Auch sind von der Seite der Seekartenwerke Wünsche nach einfacherer Charakterisierung der Bodensedimente, die den Bedürfnissen des Praktikers entsprechen, geäußert worden.

Literaturverzeichnis

1. EWING, M., ERICSON, D. B. und HEEZEN, B. C., 1958: Sediments and topography of the Gulf of Mexico. *Habitat of Oil, Amer. Ass. Petr. Geol.*, 995-1053. Tulsa.
2. ERICSON, D. B., EWING, M., HEEZEN, B. C. und WOLLIN G., 1955: Sediment deposition in deep Atlantic. *Geol. Soc. Amer. Spec. Paper 62*, 205-220. Baltimore.
3. GRIPENBERG, STINA, 1934; A study of the sediments of the North Baltic and adjoining seas. *Havsforskningsinstitutets skrift No 96*. Helsingfors.
4. KLENOVA, M. V. and POPOV, P. G., 1948: Die Interpretation der Ergebnisse der mechanischen Analysen. *Trudygos. okean. inst. 5(17)*, 152-155. Moskva (Russisch.)
5. — 1948: Über den Charakter und die Bedeutung der Feinfraktion der Sedimente. *Ibid.*, 3-8. (Russisch.)
6. — 1950: Mechanical composition of marine sediments as indicative of the conditions of deposition. *Proceed. Sect. G [The geology of sea and ocean floors] Int. Geol. Congr., Rep. 18th sess. Gr. Brit. 1948, Pt VIII*, p. 37.
7. KOLBE, R. W., 1955: Diatoms from Equatorial Atlantic cores. *Rep. Swed. Deep-Sea Exp. 1947-48*, VII, 3, 151-184.
8. KULLENBERG, B., 1947: The piston core sampler. *Sv. Hydrogr.-biol. komm. skrifter. Hydrografi. I, 2*, 1-46.
9. LANDERGREN, S., 1954: On the geochemistry of North Atlantic sediment core No. 238. *Rep. Swed. Deep-Sea Exp. 1947-48*, VII, 2, 125-248.
10. LISIZIN, A. P., 1956: Über die Bearbeitung der Ergebnisse der granulometrischen Analyse der Meeressedimente. *Trudy inst. okean.*, 19, 262-287. Moskva. (Russisch.)
11. LOCHER, F. W., 1958: Sedimentpetrographische Untersuchung der Lotkerne 255 und 257. *Rep. Swed. Deep-Sea Exp. 1947-48*, VII, 4, 187-208.
12. MELLIS, O., 1951: Diskussionsbeitrag. *Geol. Fören. Förh.*, Bd 73, 721-723. Stockholm. (Schwedisch.)
13. — 1958: Die Sedimentation in der Romanche-Tiefe. *Geol. Rdsch.* 47, 218-234. Stuttgart.
14. NORIN, E., 1958: The sediments of the Central Tyrrhenian Sea. *Rep. Swed. Deep-Sea Exp.*, VIII, 1, 1-136.
15. SHERMAN, I., 1951: A rapid substitute for textural analysis. *J. Sed. Petr.* 21, 173-177.
16. STETSON, H. C., 1938: The sediments of the continental shelf of the eastern coast of the United States. *Papers in Phys. Oceanogr. publ. by Mass. Inst. of Technol. and Woods Hole Oceanogr. Inst.* V, 4, 1-48.