

1969

GÖTTINGER ARBEITEN ZUR GEOLOGIE UND PALÄONTOLOGIE

Nr. 3

Dieter Fütterer

Die Sedimente der nördlichen Adria vor der Küste Istriens

1969

Im Selbstverlag des Geologisch-Paläontologischen Instituts
der Georg-August-Universität Göttingen

Göttinger Arb. Geol. Paläont.	3	57 S., 25 Abb.	Göttingen, 15. 12. 1969
-------------------------------	---	----------------	-------------------------

Als Dissertation eingereicht am 3.11.1968
bei der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Georg-August-Universität Göttingen

Tag der mündlichen Prüfung 13.12.1968

Anschrift des Autors: Dieter Fütterer
Geologisch-Paläontologisches Institut
D 2300 Kiel
Olshausenstraße 40/60

S U M M A R Y

Composition, grain-size distribution, and areal extent of Recent sediments from the Northern Adriatic Sea along the Istrian coast have been studied. Thirty one stations in four sections vertical to the coast were investigated; for comparison 58 samples from five small bays were also analyzed.

Biogenic carbonate sediments are deposited on the shallow North Adriatic shelf off the Istrian coast. Only at a greater distance from the coast are these carbonate sediments being mixed with siliceous material brought in by the Alpine rivers Po, Adige, and Brenta.

Graphical analysis of grain-size distribution curves shows a sediment composition of normally three, and only in the most seaward area, of four major constituents. Constituent 1 represents the washed-in terrestrial material of clay size (Terra Rossa) from the Istrian coastal area. Constituent 2 consists of fine to medium sand. Constituent 3 contains the heterogeneous biogenic material. Crushing by organisms and by sediment eaters reduces the coarse biogenic material into small pieces generating constituent 2. Between these two constituents there is a dynamic equilibrium. Depending upon where the equilibrium is, between the extremes of production and crushing, the resulting constituent 2 is finer or coarser. Constituent 4 is composed of the fine sandy material from the Alpine rivers. In the most seaward area constituents 2 and 4 are mixed.

The total carbonate content of the samples depends on the distance from the coast. In the near coastal area in high energy environments, the carbonate content is about 80 %. At a distance of 2 to 3 km from the coast there is a carbonate minimum because of the higher rate of sedimentation of clay-sized terrestrial, noncarbonate material at extremely low energy environments. In an area between 5 and 20 km off the coast, the carbonate content is about 75 %. More than 20 km from the shore, the carbonate content diminishes rapidly to values of about 30 % through mixing with siliceous material from the Alpine rivers.

The carbonate content of the individual fractions increases with increasing grain-size to a maximum of about 90 % within the coarse sand fractions. Beyond 20 km from the coast the samples show a carbonate minimum of about 13 % within the sand-size classes from 1,5 to 0,7 ϕ through mixing with siliceous material from the alpine rivers.

By means of grain-size distribution and carbonate content, four sediment zones parallel to the coast were separated. Genetically they are closely connected with the zonation of the benthic fauna.

Two cores show a characteristic vertical distribution of the sediment. The surface zone is inversely graded, that means the coarse fractions are at the top and the fine fractions are at the bottom. This is the effect of crushing of the biogenic material produced at the surface by predatory organisms and by sediment eaters.

It is proposed that at a depth of about 30 cm a chemical solution process begins which leads to diminution of the original sediment from a fine to medium sand to a silt. The carbonate content decreases from about 75 % at the surface to 65 % at a depth of 100 cm. The increase of the noncarbonate components by 10 % corresponds to a decrease in the initial amount of sediment ($\text{CaCO}_3 = 75\%$) by roughly 30 % through solution. With increasing depth the carbonate content of the individual fractions becomes more and more uniform. At the surface the variation is from 30 % to 90 %, at the bottom it varies only between 50 % and 75 %.

Comparable investigations of small-bay sediments showed a clear dependence of sediment/faunal zonation from the energy of the environment.

The investigations show that the composition and three-dimensional distribution of the Istrian coastal sediments can not be predicted only from one or a few measurable factors. Sedimentation and syngenetic changes must be considered as a complex interaction between external factors and the actions of producing and destroying organisms that are in dynamic equilibrium. The results obtained from investigations of these Recent sediments may be of value for interpreting fossil sediments only with strong limitations.

Z U S A M M E N F A S S U N G

Es wurden Zusammensetzung und Verteilung der rezenten Sedimente der nördlichen Adria vor der istrischen Westküste untersucht. Auf vier Profilen bis 42 km Länge senkrecht zur Küste wurden insgesamt 31 Proben-Stationen verteilt. Die Oberflächenproben, sowie zwei Lotkerne wurden granulometrisch untersucht. Zusätzlich wurden zu Vergleichszwecken aus fünf Buchten verschiedener Exposition 58 Proben nach den gleichen Verfahren bearbeitet.

Auf dem flachen nordadriatischen Schelf entsteht vor der istrischen Küste bis etwa 20 km seewärts aus Mangel an klastischen Einschüttungen ein karbonatisches Sediment aus organischem Detritus. Erst in grösserer Entfernung von der Küste vermischt sich dieses karbonatische Sediment mit silikatischem Material der Alpenflüsse Po, Adige und Brenta.

Eine graphische Zerlegung der Korngrössenverteilungskurven zeigt einen Aufbau des Sediments aus normalerweise drei, im küstenfernsten Bereich aus vier Teilkollektiven. Das Kollektiv 1 wird vornehmlich von eingeschwemmtem Material (Terra Rossa) des istrischen Küstenraumes gebildet. Es umfasst den Korngrössenbereich $>3\phi$. Das Kollektiv 2 besteht aus einem Fein- bis Mittelsand von organischen Karbonatpartikeln. Das Kollektiv 3 umfasst das heterogene Grobmaterial der organischen Schalenproduktion. Durch räuberische und bohrende Organismen sowie durch Sedimentfresser wird das organogene Grobmaterial zerkleinert. Es bildet sich ein Fein- bis Mittelsand, das Kollektiv 2. Die Kollektive 2 und 3, die die Hauptmenge des Sediments bilden, hängen somit genetisch sehr eng zusammen. Es besteht zwischen ihnen ein dynamisches Gleichgewicht. Je nach Lage dieses Gleichgewichtes zwischen den Extremen der organischen Produktion und dem Abbau wird das resultierende Kollektiv 2 gröber oder feiner.

Der Gesamtkarbonatgehalt der Proben ist deutlich von der Küstenentfernung abhängig. Die höchsten Karbonatgehalte um 80 % werden im unmittelbaren Küstenbereich bei hoher Exposition des Ablagerungsraumes erreicht. In 2 bis 3 km Küstenentfernung folgt ein Karbonatminimum, das auf eine höhere Sedimentationsrate von terrestrischem, nichtkarbonatischem Material infolge geringerer Exposition zurückzuführen ist. Im Bereich zwischen 5 und 20 km Küstenentfernung schwanken die Karbonatwerte um 75 %. Weiter seewärts erfolgt eine rasche Abnahme bis auf Karbonatwerte um 30 % durch Einschüttung silikatischen Materials von der italienischen Küste her.

Die Einzelfraktionen zeigen einen zunehmenden Karbonatgehalt mit steigender Korngrösse mit Maximalwerten um 90 % im Sandkornbereich. Bei den Stationen über 20 km Küstenentfernung werden durch die Einschüttung des silikatischen Materials der Alpenflüsse in den Sandkornklassen zwischen 1,5 und 0,7 ϕ die Karbonatwerte stark herabgesetzt. Es werden Minimalwerte von 13 % erreicht.

Auf Grund der Kornverteilungen und des Karbonatgehaltes werden vier küstenparallele Sedimentzonen ausgeschieden. Diese hängen sehr eng mit der benthonischen Faunenzonierung zusammen.

Die Untersuchung von zwei Lotkernen ergab eine charakteristische vertikale Gliederung. Das Sediment ist im obersten Bereich regelmässig invers gradiert, d.h. grob = oben, fein = unten. Der Grund hierfür ist in der Zerkleinerung des an der Oberfläche produzierten organischen Materials durch räuberische und bohrende Organismen und Sedimentfresser zu suchen.

In einer Tiefe von etwa 30 cm wird der Beginn eines chemischen Lösungsprozesses angenommen, der zu einer Verfeinerung des ursprünglichen Sediments um eine Zehnerpotenz im Medianwert führt. Aus einem oberflächlichen Fein- bis Mittelsand wird ein Silt. Der Gesamtkarbonatgehalt nimmt dabei von 75 % an der Oberfläche auf etwa 65 % in 100 cm Tiefe ab. Die Zunahme der nichtkarbonatischen Komponente um 10 % entspricht bei einem Karbonatgehalt des Ausgangssediments von 75 % einer Verminderung der Sedimentmenge durch Lösung von etwa 30 %. In der Verteilung des Karbonatgehaltes der einzelnen Kornfraktionen zeigt sich mit anwachsender Tiefe eine zunehmende Homogenisierung. Schwankt der Karbonatgehalt der Fraktionen in den Oberflächenproben noch zwischen 30 und 90 %, so werden an der Kernbasis nur noch Werte zwischen 50 und 75 % erreicht.

Vergleichende Untersuchungen in kleinen Buchten ergaben eine klare Abhängigkeit der Sedimentzonen und der Faunenzonierung von der Exposition gegenüber der Wasserbewegung.

Die Untersuchungen zeigen, dass Aufbau und räumliche Verteilung der istrischen Küstensedimente nicht einfach einem oder wenigen messbaren Faktoren folgen. Sedimentation und Diagenese müssen als sehr komplexe Wechselwirkung zwischen äusseren Faktoren und den sich in einem dynamischen Gleichgewicht befindenden produzierenden und zerstörenden Organismen verstanden werden. Die an diesem rezenten Sediment gewonnenen Ergebnisse können daher nur mit grosser Vorsicht auf fossile Sedimente übertragen werden.

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

	<u>Seite</u>
VORBEMERKUNG.....	1
I. DAS ISTRISCHE KÜSTENGEBIET.....	2
a. Morphologischer Überblick.....	2
b. Hydrographie und Klima.....	2
c. Fauna und Lebensbedingungen.....	5
d. Die Sedimentation.....	6
1. Liefergebiete.....	6
2. Übersicht über die Sedimentverteilung.....	9
II. DIE SEDIMENTE.....	10
a. Technischer Teil.....	10
1. Probennahme.....	10
2. Probenbearbeitung.....	11
b. Darstellung und Diskussion der gefundenen Daten.....	12
1. Darstellung.....	12
2. Profilbeschreibungen.....	13
3. Medianwert und Sortierung.....	22
4. Karbonatgehalt.....	24
5. Aufbau der polymodalen Kornverteilungen.....	29
6. Beschreibung der Kernprofile und ihre Deutung.....	34
III. DIE BUCHTEN.....	42
IV. TABELLEN DER ANALYSENWERTE.....	45
V. LITERATURVERZEICHNIS.....	55

V O R B E M E R K U N G

Die Arbeit ist entstanden aus einer umfassenden Bearbeitung der Sedimente und der benthonischen Faunen des istrischen Küstengebietes der nördlichen Adria, die seit Herbst 1965 von einer Arbeitsgruppe des Geologisch-Paläontologischen Instituts der Universität Göttingen unter Leitung von Herrn Dozent Dr. D. Meischner durchgeführt wird. Ich danke allen Angehörigen dieser Arbeitsgruppe, die bei den oft sehr umfangreichen Arbeiten zur Probennahme in kameradschaftlicher Weise behilflich waren. Danken möchte ich ferner Herrn Direktor Dr. D. Zavodnik und seinen Mitarbeitern vom Institut za biologiju mora in Rovinj, die uns bei den Arbeiten in Rovinj sehr weitgehend unterstützt haben.

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft hat dankenswerterweise unsere Arbeiten durch erhebliche Sachbeihilfen gefördert.

I. DAS ISTRISCHE KÜSTENGEBIET

a. Morphologischer Überblick

Das Untersuchungsgebiet befindet sich im nördlichsten Teil des Adriatischen Meeres vor der istrischen West-Küste zwischen Poreč im Norden und den brionischen Inseln im Süden (Abb. 1).

Der nördliche Teil der Adria ist ein flaches Schelfmeer, das nördlich der Linie Po di Tolle - Pula an keiner Stelle mehr als 50 m Tiefe erreicht. Dieses Becken ist in West-Ost-Richtung deutlich asymmetrisch gebaut. Die grössten Tiefen liegen näher an der istrischen Küste. Ein Nord-Süd-Profil durch dieses Schelfbecken zeigt auf den ersten zwei Kilometern eine rasche Tiefenzunahme bis auf 10 m. Im anschliessenden Bereich fällt der Meeresboden langsam und gleichmässig etwa 0,70 m/km weiter ab (BRAMBATI + VENZO, 1967).

Die Küste ist eine Steilküste aus massigen Jura- und Kreidekalken, die annähernd horizontal lagern. Dieses Kalkplateau ist seit dem Miozän durch eine intensive Verkarstung geformt worden. Die heutige Küste folgt den grösseren und kleineren Formen des Karstreliefs und ist daher sehr unregelmässig und stark zerklüftet.

Vielfach sind diese Karsterscheinungen zu beobachten in Form von tiefen Dolineneinbrüchen, von konischen Restbergen und Unterwasserhöhlen (Insel Banjole) als Zeugen ehemals tieferen Wasserstandes.

Das Karstrelief setzt sich unter dem Meeresspiegel in einem Streifen von zwei bis drei Kilometer Breite fort. Daher sind der Küste zahlreiche Inseln und Untiefen vorgelagert, aber auch örtliche Über-tiefungen bis 50 m Wassertiefe. Inseln und Untiefen ragen steil aus dem Untergrund empor. Tiefenunterschiede von 15 bis 20 m auf ganz engem Raum sind keine Seltenheit. Diese schroffe Morphologie des Küstenstreifens führt zu einer sehr intensiven Gliederung in kleine Teilbecken.

Der 12 km weit in das Land einspringende Limski-Kanal, von steilen Wänden umgeben und über 30 m tief, ist ein ertrunkenes Flusstal, das heute nur noch in seinem Oberlauf Wasser führt. In Echographenaufnahmen ist es noch weit hinaus auf das offene Meer zu verfolgen.

Ausserhalb des vom Karstrelief geprägten Küstenraumes wird der Meeresboden rasch eben und fällt nur langsam in kleinen Stufen bis auf etwa 40 m Tiefe ab. Im Bereich der offenen See beherrschen daher weite Plateaulächen das morphologische Bild, nur unterbrochen von geringfügigen Depressionen, die wohl den Resten der alten pleistozänen Entwässerungssystemen zuzuschreiben sind.

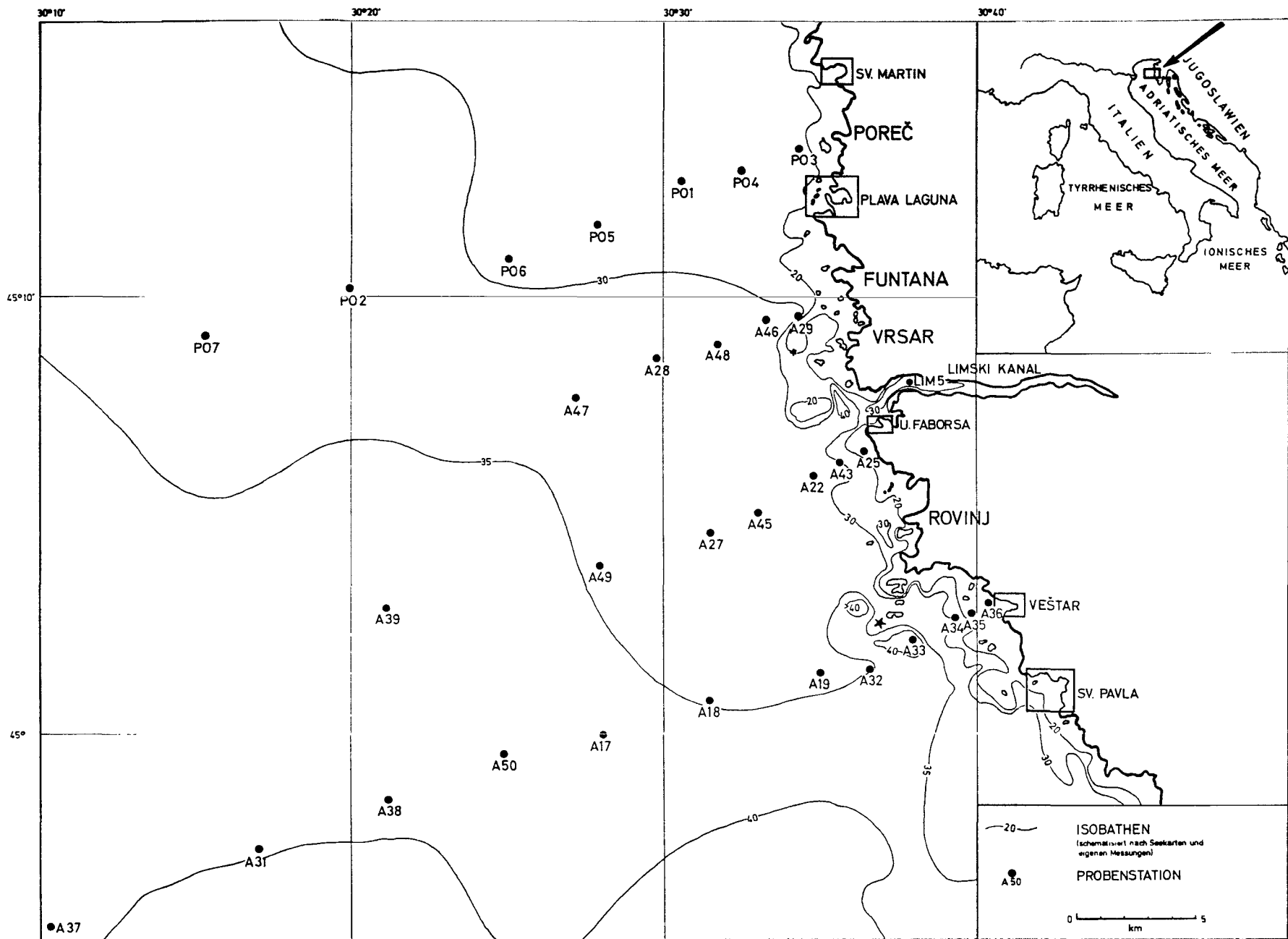
Die tiefste Stelle der Adria wird etwa bei einem Drittel der Breite erreicht. Von hier steigt der Meeresboden allmählich zur italienischen Küste und zum Podelta hin an, was durch die Annäherung an das Sedimentationsgebiet des Pos erreicht wird.

b. Hydrographie und Klima

Das Adriatische Meer ist ein arides Nebenmeer des Mittelmeeres. Daraus folgt ein oberflächlicher Einstrom von Mittelmeerwasser durch die Strasse von Otranto. Dieser Oberflächenstrom streicht längs der

Abb. 1 Übersichtskarte des Untersuchungsgebietes mit Lage der Probenstationen. In Rahmen die zur Vergleichszwecken untersuchten Buchten.

Fig. 1 Sample location map. In frames tested bays.



jugoslawischen Küste in nordwestlicher Richtung, während sein entsprechender Gegenstrom längs der italienischen Küste nach Südosten streicht.

Die Angaben über die Geschwindigkeiten der Hauptströmungen sind verschieden, nach CHIERICI, BUSI + CITA (1962) 3 bis 4 km/h vor der dalmatinischen Küste, nach ZORE (1958) nur etwa 1 km/h.

Der Hauptküstenstrom wendet sich etwa bei der 50 m Tiefenlinie, auf der Höhe der Südspitze Istriens, zu einem Teil nach Westen ab, um dann in den gegenläufigen Süd-Strom einzumünden. Nördlich der 50 m Tiefenlinie erreicht der Küstenstrom deshalb kaum noch grössere Geschwindigkeiten als 1 km/h. Vor der Nordecke der istrischen Küste gabelt sich dieser Strom. Ein Teil mündet in den Golf von Triest und bildet dort mit lokalen Strömungen ein Zirkulationssystem im Uhrzeigersinn (BRAMBATI + VENZO, 1967). Der andere Teilstrom biegt zuerst nach Westen und dann nach Südosten um und verläuft längs der italienischen Küste (Abb. 2).



Abb. 2 Oberflächenströmungen (schwarze Pfeile) und Wasserversetzung durch Gezeitenbewegung (Doppelpfeil) in der nördlichen Adria (schematisiert)

Fig. 2 Surface currents (black arrows) and tidal pulsation of water (double arrow) in the northern Adriatic (schematic).

Die nördliche Adria steht unter dem Einfluss jahreszeitlich stark schwankender klimatischer Bedingungen. Davon abhängig ist eine starke Schwankung der Zufuhr von Flusswasser. Im Sommer herrschen aride Verhältnisse wie in der ganzen übrigen Adria. Im Winter überwiegen die humiden Einflüsse mit starken Regenfällen (> 1000 mm/J). Die Einzugsgebiete der Süßwasserzuflüsse reichen weit in das Hochgebirgsklima hinein. Die Schneeschmelze in diesen Gebieten fällt mit der Akkumulation von Regen im Bereich der Adria zusammen, so dass in kurzen Zeiträumen grosse Mengen von Flusswasser eingeschüttet werden können. In diesem Zusammenhang müssen auch die jahreszeitlichen Variationen der Oberflächenströmungen gesehen werden, über die bisher nur wenig bekannt ist (ZORE, 1958).

Auf dem flachen nordadriatischen Schelf wirken sich die Gezeitenbewegungen zusätzlich aus und überla-

gern sich den Konvektionsströmungen. Der Tidenhub erreicht maximal mehr als 1 m. Wegen der geringen Tiefen reichen die Wasserbewegungen bis auf den Grund. Der Wasserkörper der nördlichen Adria ist somit in einer ständigen nord-süd gerichteten Pendelbewegung begriffen.

JERLOV (1958) führt den hohen Gehalt des Bodenwassers an suspendiertem Material auf diese Gezeitenströmung zurück, die ausreicht, die suspendierten Partikel am Sedimentieren zu hindern. Es scheint jedoch, dass diese Strömungen nicht stark genug sind, einmal abgelagertes Material unter gleichen Bedingungen wieder in die Suspension aufzunehmen.

Das weitgehende Fehlen von stärkerer Wasserbewegung ist von entscheidender Bedeutung für die Sedimentbildung. Einmal abgelagertes Material kann nicht wieder aufgenommen werden, zumal die Einzelkörner sehr schnell durch organischen Schleim verkittet werden und ein oft sehr dichter Bewuchs von nicht-fossilisierbarem Benthos die Sedimentoberfläche weitgehend stabilisiert.

c. Fauna und Lebensbedingungen

Im ökologischen Sinne ist die nördliche Adria ein normal marines Meer. Die zeitweise sehr starken Süßwasserzuflüsse reichen nicht aus um grössere Veränderungen der Salinität zu bewirken. Grössere jahreszeitliche Änderungen der Salinität durch Süßwasserzuflüsse beschränken sich auf den engeren Bereich um das Po-Delta (PICOTTI, 1954). Die Salinität schwankt im Jahresgang zwischen 36 und 38 ‰ innerhalb normaler Grenzen. Die Temperatur sinkt nur wenig unter 10° C und überschreitet im Sommer 25° C selten (Abb. 3). Extrem niedrige Temperaturen können für bestimmte Tiergruppen empfindliche Folgen haben (VATOVA, 1934a).

NÖRDLICHE ADRIA

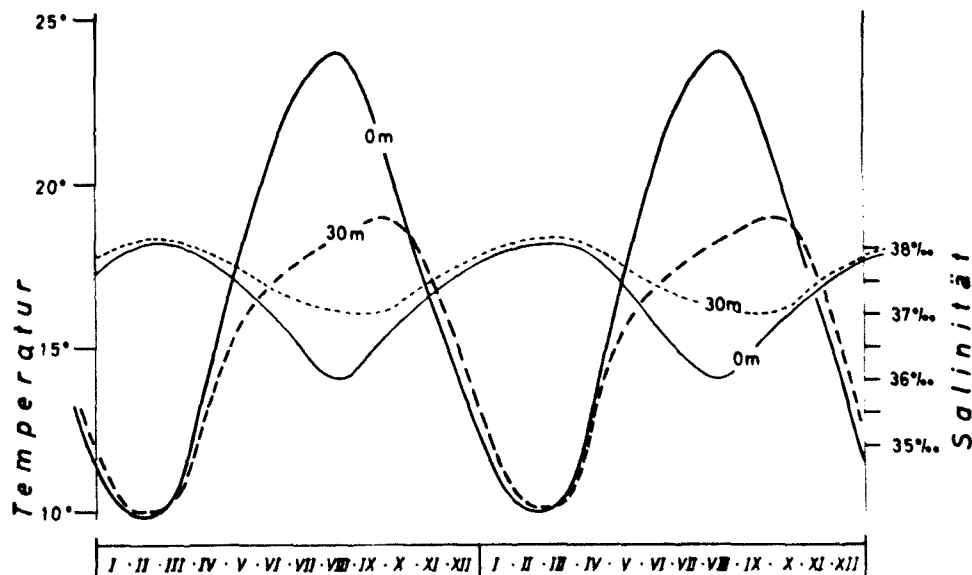


Abb. 3 Jahresgang von Salinität und Temperatur in der nördlichen Adria bei Rovinj. Idealisiert nach Daten aus den Jahren 1922 - 1925 von VATOVA (1928, Tab. XIV). Aus HINZE + MEISCHNER (1968).

Fig. 3 Annual range of salinity and temperature in the northern Adriatic near Rovinj. Generalized after data of the years 1922 - 1925 by VATOVA (1928, Tab. XIV). From HINZE + MEISCHNER (1968, p. 57)

Die Zufuhr von Nährlösungen vom Lande her ermöglicht ein reiches Bodenleben. Die sehr artenreiche Fauna ist seit langem bekannt (VATOVA, 1934a, 1935, 1936; RIEDL, 1963).

Der Sauerstoffgehalt des Bodenwassers sinkt zu keiner Jahreszeit unter Werte, bei denen das Bodenleben beeinträchtigt würde. Dies beruht auf der jahreszeitlichen Durchmischung des Wassers, die durch den im Herbst eintretenden Zustand der Homöothermie erreicht wird.

d. Die Sedimentation

1. Liefergebiete

Die ganze istrische West-Küste, das Hinterland des Untersuchungsgebietes, baut sich aus reinen Jura- und Kreidekalken auf (Abb. 4). Rückstandsuntersuchungen an diesen Kalken ergaben einen Nichtkarbonatanteil von maximal 8 % und minimal 4 %. D'AMBROSI (1964) gibt für die Kalke der Gegend von Rovinj und des Limski Kanals Karbonatgehalte von 95 % bis 96 % an. Die Werte stimmen also gut überein. Durch Küstenabbau können daher keine nennenswerten Mengen an nichtkarbonatischem Sediment entstehen. Da der Küstenabbau überwiegend auf chemischem Wege (anorganisch und organisch) erfolgt, ist klastisches Karbonatmaterial ebenfalls nicht zu erwarten. Abgesehen von den Proben aus unmittelbarer Küstennähe, bestätigte sich diese Vermutung im Laufe der Untersuchungen.

Die terrigene Sedimentkomponente des unmittelbaren Küstenbereiches wird von der Terra rossa geliefert. Dies erfolgt in den trockenen Sommermonaten durch Einwehung, in den niederschlagsreichen Wintermonaten durch Einschwemmung.

Flüsse aus dem weiteren Hinterland, das aus meist sandigem Flysch des Eozän aufgebaut wird, sind nicht vorhanden, so dass auch von hier kein Sediment eingeschüttet wird.

Der von Südosten heranreichende Küstenstrom von klarem Wasser kommt mangels Verfügbarkeit ebenfalls nicht als Sedimentlieferant in Frage. Seine Energie ist zudem so gering, dass er für eine Sortierung oder gar Erosion des Sediments keinerlei Bedeutung hat. Eine Schutzwirkung übt er dagegen insofern aus, als er eine Verunreinigung mit Sedimenten der nördlichen Alpenflüsse, Isonzo, Tagliamento, Piave und Brenta, und aus dem Golf von Triest verhindert. Diese nördlichen Alpenzuflüsse verteilen ihren Detritus, wie BRAMBATI + VENZO (1967) zeigen konnten, unter Einfluss der Küstenströmungen parallel der nördlichen Adria-Küste.

Als Hauptsedimentlieferanten für das ganze Schelfgebiet müssen jedoch Po, Adige und Brenta gelten. Sie entwässern den ganzen südlichen Alpenraum und führen allein mehr als 90 % der gesamten Flusswassermassen, die in die nördliche Adria eingeschüttet werden.

	durchschnittl. Wasserführung m ³ /sec.	jährliche Wasserführung km ³
Isonzo	99	3,1
Tagliamento	37	1,2
Piave	98	3,1
Brenta	108	3,4
Adige	262	8,3
Po	1570	49,6
Reno	41	1,3

Tab. 1 Wassermengen der grösseren in die nördliche Adria mündenden Flüsse. Angaben nach Servizio Idrografico, Ministero dei Lavori Pubblici (aus JERLOV, 1958, S. 233).

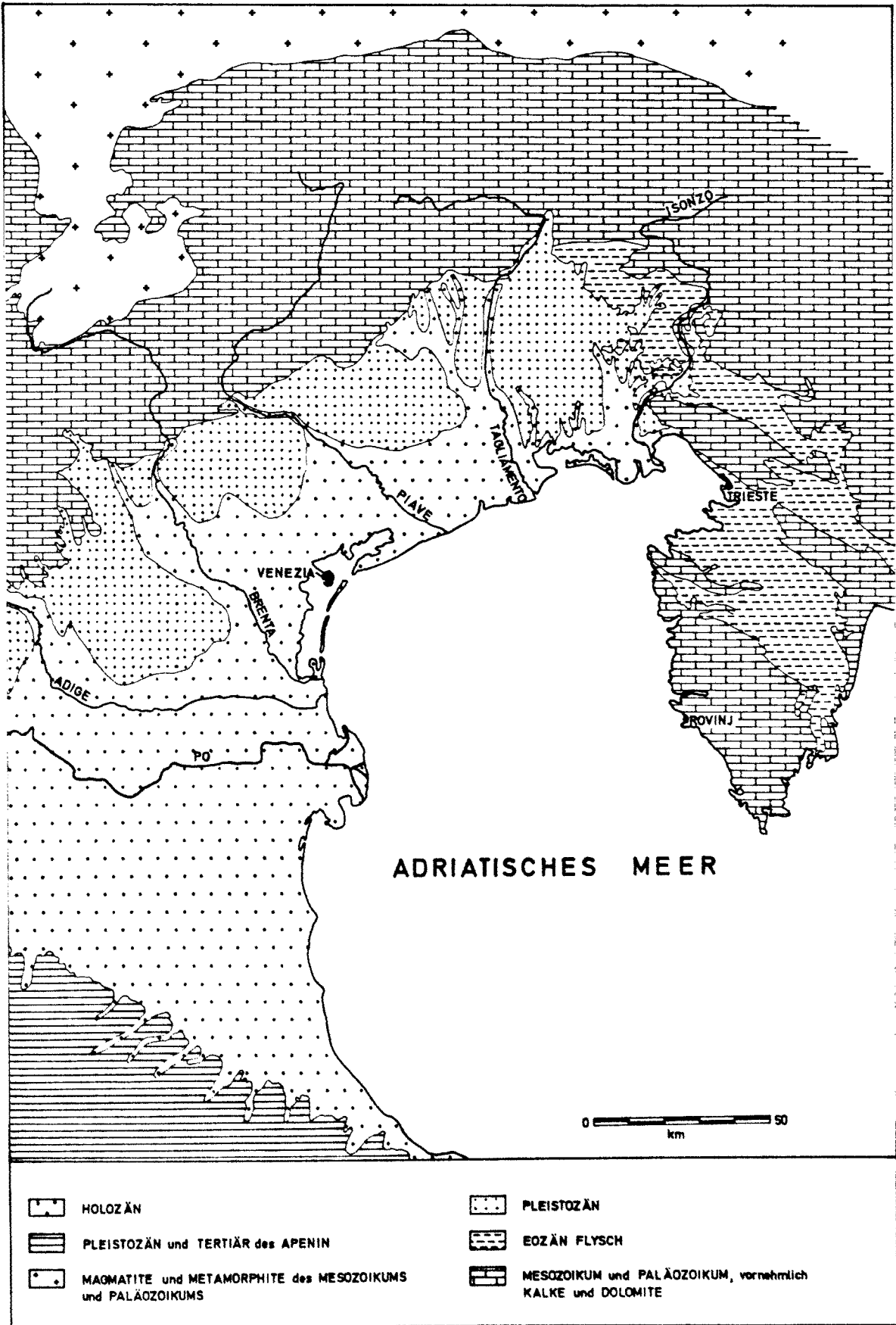


Abb. 4 Geologische Übersichtskarte der Umrandung der nördlichen Adria
 Fig. 4 Geological sketch map of the Northern Adriatic area

Die jährlichen, allein vom Po angelieferten Sedimentmengen werden auf 10 bis 20 Millionen Tonnen geschätzt. Die Verteilung über das Jahr hinweg ist dabei sehr unterschiedlich. Einem durchschnittlichen Sedimentgehalt von 100 mg/l (Ufficio Idrografico del Po-Parma) stehen extrem niedrige Sommergehalte von nur 15 mg/l (JERLOV, 1958, S.242) gegenüber.

Wie weit die Einflüsse der Po-Sedimente nach Osten in Richtung auf die jugoslawische Küste reichen, war bisher nicht genau bekannt. Wenig untersucht sind auch die Auswirkungen der jahreszeitlichen Schwankungen der Wasserführung und der damit verbundenen unterschiedlichen Sedimentanlieferung der Alpenflüsse auf die Sedimentverteilung.

VAN STRAATEN (1965, S.145) bringt eine Sedimentverteilungskarte der mittleren und nördlichen Adria. Danach werden die Hauptmengen der Po-Sedimente mit dem Küstenstrom an der italienischen Küste nach Süden verlagert. Eine 30 km breite Zunge jedoch reicht weit nach Nordosten in Richtung Punta Salvore (Nordecke Istriens) bis ca. 10 km vor die jugoslawische Küste. Zur Erklärung dieser Zunge wurde ein Oberflächenstrom von entsprechender Richtung herangezogen. Die Sedimentansprache erfolgte makroskopisch ohne Kornanalyse als 'sandy mud'.

JERLOV (1958) fand bei seinen Trübungsmessungen und Suspensionsmessungen einen Einfluss der Po-Sedimentation bis zu 80 km Küstenentfernung (entsprechend 20 km vor der jugoslawischen Küste). Seine Messungen ergaben einen erhöhten Gehalt an suspendiertem Material im Oberflächenwasser bis zu 20 m Tiefe in der Form einer 20 km breiten Zunge vor der Mündung des Po direkt nach Osten verlaufend. Nach seinen Ausführungen ist die Verteilung der Suspension des Oberflächenbereiches in erster Linie von der Winddrift abhängig. Die vertikale Suspensionsverteilung ist wiederum abhängig vom Vorhandensein von Gegenströmungen (counter currents), so dass letztlich die Sedimentverteilung keine einfache Funktion der oberflächlichen Strömungsverhältnisse darstellt. Einen bedeutenden Einfluss auf die horizontale Sedimentverteilung haben nach JERLOV neben der stark veränderlichen Winddrift vor allem die Gezeitenbewegungen und Seiches.

PIGORINI (1968, Fig. 9, S.221-224) bringt eine Verteilungskarte der rezenten Adriasedimente, die auf Schwermineraluntersuchungen basiert. Danach werden die Po-Sedimente vom Delta aus zunächst nach Osten geschüttet. Die Transportrichtung geht jedoch bald in eine südöstliche Richtung, parallel zur Längsachse des Adriatischen Meeres über. Eine nordöstliche Sedimentationsrichtung ist aus den Schwermineralverteilungen nicht zu entnehmen.

Den gegebenen Verhältnissen zufolge muss mit zunehmender Entfernung von der istrischen Küste mit rezenter Sedimentanlieferung aus westlicher Richtung gerechnet werden. Dabei kommt der jahreszeitlich unterschiedlichen Wasserführung der Flüsse Po, Adige und Brenta besondere Bedeutung zu. Bei normaler Wasserführung dieser Flüsse wird das angelieferte Sediment mit dem längs der italienischen Küste verlaufenden Küstenstrom nach Süden verfrachtet. Bei Hochwasser jedoch, besonders im Frühjahr, schiesst das Flusswasser in einer Art 'jet stream' oberflächlich weit auf die Adria in östlicher Richtung hinaus. Die im Frühjahr häufigen Winde aus südlichen Richtungen können dann in Verbindung mit den Gezeitenbewegungen das Sediment weiter in nordöstlicher Richtung verfrachten.

Ein Problem, das hier nur am Rande angedeutet werden soll, ist die Anlieferung äolischen Sediments aus der Sahara. Angeregt wurden entsprechende Überlegungen durch die Häufigkeit des Quarzanteils im Feinsand- und Siltbereich der untersuchten Sedimente. Zunächst wurde eine Herkunft des Quarzes aus westlicher Richtung, Einschwemmung von Po-Sediment, angenommen. Bei parallel laufenden Untersu-

chungen in der Lagune von Palu südlich Rovinj, wurde ebenfalls ein gewisser Quarzanteil entsprechender Korngrösse gefunden. Die Lagune hat keine natürliche Verbindung mit dem Meer. Nach Pollenuntersuchungen hat sie eine rein limnisch brackische Geschichte. Die brackischen Einflüsse beruhen auf unterirdischen Salzwasserzuflüssen vom Meer. Eine Verbindung mit den Po-Sedimenten ist hier also ganz ausgeschlossen. Die bisher ausgeführten Rückstandsuntersuchungen an den anstehenden Kalken der Umgebung lassen es nicht wahrscheinlich erscheinen, den Quarzanteil durch Verwitterung des Anstehenden zu erhalten.

In der Literatur seit langem bekannt und beschrieben als Blutregen und Gelbschneefälle (EHRENBERG, 1847; HELLMANN + MEINARDUS 1901), sind Staubfälle in Süd- und Mitteleuropa von zum Teil beträchtlichen Ausmassen. In den Jahren 1936 bis 1938 wurden in Arosa eingehende meteorologische Untersuchungen dieser Staubfälle durchgeführt (GLAWION 1936, 1937, 1938; GLAWION + GÖTZ 1937; GÖTZ 1937). Danach muss eine Häufigkeit von fünf bis zehn Staubfällen im Jahr für diesen Raum angenommen werden. Die Staubmengen nehmen dabei von Norden nach Süden zu. Für das Gebiet der nördlichen Adria muss mit etwa 5 g Staub je m² und Jahr gerechnet werden. Extrem heftige Staubfälle wie der des Jahres 1901 (HELLMANN + MEINARDUS 1901) können Staubmengen von mehr als 10 g/m² erbringen.

Zu einer überschlagsmässigen Berechnung der Sedimentationsrate dieser äolischen Sedimentkomponente soll eine jährliche Staubmenge von 5 g/m² angenommen werden. Bei einer mittleren Dichte von 2,5 ergibt sich eine Sedimentationsrate von etwa 0,5 cm/1000 Jahren.

Eine ¹⁴C-Bestimmung an einer Austernschale (ausgeführt vom Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung Hv 1641) aus 180 cm Sedimenttiefe von der Station LIM 5 aus dem Limski-Kanal nördlich Rovinj ergab ein Alter von 3850 ± 155 Jahren. Dieses Alter steht in guter Übereinstimmung mit den pollenanalytischen Alterseinstufungen auf 3000 bis 5000 Jahre B. P., die von Doz. Dr. J. BEUG (Universität Stuttgart-Hohenheim) ausgeführt wurden. Für den Limski-Kanal ergibt sich somit eine Sedimentationsrate von 45 cm/1000 Jahre.

Setzt man eine gleiche Sedimentationsgeschwindigkeit für die offene Adria voraus, so würde der Anteil der äolischen Komponente am Gesamtsediment etwa 1 % betragen. Da sich diese Komponente jedoch vornehmlich auf den Siltbereich konzentriert, wäre in den entsprechenden Fraktionen mit einem noch höheren Anteil zu rechnen.

Eine erste mikroskopische Durchsicht dieser Fraktionen ergab, dass eindeutig rot-braun gefärbte Körner sehr selten sind. Ein quantitativer Nachweis dieser äolischen Komponente, etwa in der Form wie sie von CORRENS (1937) beschrieben wird, dürfte daher schwer zu erbringen sein. Von einer Bearbeitung des Problems wird in dieser Arbeit jedoch Abstand genommen.

2. Übersicht über die Sedimentverteilung

Mehr als terrigene Einschwemmungen bestimmen Organismen die Sedimentation im istrischen Küstengebiet. Detritus ihrer Hartteile liefert über 50 % des Materials.

Der karbonatischen Produktion überlagert sich von Osten, im unmittelbaren Küstenbereich, die Einschwemmung von Terra rossa. Die Tonsubstanz bleibt nur an den geschützten Stellen des Küstenreliefs liegen. An exponierten Stellen dominiert die bodenständige organische Kalkproduktion. Daraus resultiert eine örtlich unterschiedliche Sedimentation von Schlick und unreinen Karbonatsanden.

Ein anschliessender Streifen vor der Küste wird weder von eingeschwemmter Terra rossa noch von eingeschwemmtem Material der Alpenflüsse nennenswert beeinflusst. Durch schalenzerstörende Organismen und Sedimentfresser entstehen extrem harte, dicht gelagerte karbonatische Feinsande (sekundäre Hartböden).

In Richtung auf die italienische Küste nimmt der Anteil an terrestrischem Sedimentmaterial stark zu, kenntlich an einer deutlichen Glimmerführung. Die Sedimente werden weicher, und der Karbonatgehalt sinkt rasch ab.

Die benthonischen Organismen reagieren sehr stark auf eine Änderung der Konsistenz der Böden. Der Zonierung nach der Sedimentverteilung entspricht daher eine gleiche Zonierung nach Faunen.

Es handelt sich um sehr komplexe Wechselwirkungen zwischen Sediment und Benthos mit der Tendenz, einmal vorhandene Kombinationen von Sediment und Benthos zu erhalten oder sogar zu verstärken.

II. DIE SEDIMENTE

a. Technischer Teil

1. Probennahme

Die Probennahme auf den Stationen vor der Küste (Abb. 1), auf offener See, erfolgte vom MS BIOS aus. Das Boot gehört dem Institut za biologiju mora in Rovinj. Es ist ein alter, etwa 10 m langer Fischkutter. Auf dem Boot ist nur eine kleine Winsch vorhanden. Die Wahl der Probennahmegeräte ist deshalb auf ein Maximalgewicht von etwa 150 kg beschränkt.

Die Proben wurden zum Teil mit dem kleinen 'Backengreifer 300' der Hydrowerkstätten Kiel genommen, einem bei nicht zu grobem Sediment vorzüglich arbeitenden Gerät, zum Teil auch mit einem grossen VAN VEEN-Greifer von etwa 75 kg Gewicht und 0,2 m² Öffnung.

Ausserdem wurden auf allen Stationen Kerne mit dem Fall-Lot nach MEISCHNER + RUMOHR gezogen. Dieses Gerät wiegt je nach Bleiaufgabe 10 bis 30 kg. Die gewonnenen Kernlängen schwanken je nach Sedimentart zwischen 20 cm bei sehr harten Sanden und maximal 140 cm bei reinen Schlammböden wie im Limski Kanal. Auf groben 'Schill'-Sandböden, wie bei der Station A 35, versagt leider auch dieses Gerät. Die durchsichtigen Plexiglasrohre von 40 mm Durchmesser erlauben eine sofortige genaue Beschreibung und Farbeinstufung der Kerne, die mittels einer Munsell Soil Color Chart erfolgte.

Auf den Stationen LIM 5 und PO 1 wurden vom MS ALFA aus, einem Fischtransporter und Sandbagger-schiff der Fischfabrik Mirna in Rovinj, Kastenlotkerne mit dem Kastenlot 'Kiel' von 2 m bzw. 1 m Länge gezogen. Von der Entnahme weiterer Kastenlotkerne musste leider Abstand genommen werden, da das Windengeschirr des MS ALFA bei dem Gewicht und Dimensionen des Kastenlotes (bis 1000 kg und 3 m Länge) nur ein Arbeiten unter akuter Gefahr für die Gesundheit der Besatzung zulies.

Die Probennahme in den Buchten erfolgte in der überwiegenden Mehrzahl von einem Schlauchboot 'Wiking Komet' mit Aussenbordmotor aus. Hier wurden nur der Greifer 300 und ein kleineres Fall-Lot mit 20 mm Kerndurchmesser eingesetzt, da keine Windenhilfe zur Verfügung stand. Die Uferproben wurden von Hand entnommen.

Von den Greiferproben wurden jeweils 1 bis 2 kg der Oberfläche bis auf 5 cm Tiefe abgehoben und abgefüllt. Dabei wurde besonders darauf geachtet, dass die Oberfläche nicht ausgespült war. Strukturen, Bewuchs und Farbe der Oberfläche wurden sofort beschrieben.

2. Probenbearbeitung

Im Labor wurden die Gesamtproben zunächst durch wiederholtes Aufschütteln und Dekantieren mit Leitungswasser entsalzen.

Bei der sehr heterogenen Zusammensetzung der Sedimente war die Entnahme einer repräsentativen Analysenprobe von 100 bis 200 g mit einigen Schwierigkeiten verbunden. Die entsalzene Probe wurde daher aufgeschüttelt und in einer grossen, flachen Glasschale aus der Suspension gleichmässig sedimentiert. Nach dem Trocknen bei maximal 60° C im Trockenschrank wurde aus dem flachen Sedimentkuchen eine bestimmte Menge ausgestochen und zur Weiterverarbeitung mit 10-prozentigem Wasserstoffsuperoxyd behandelt.

Danach erfolgte die nasse Trennung mit Hilfe eines Vibratorsiebes in das Siebgut <1,5 ζ ° und in das Schlammgut >1,5 ζ °.

Das Siebgut wurde mit einer Siebmaschine LAVIB 67 im Bereich von 1,5 bis 0 ζ ° in Fraktionen mit 1/10 ζ ° Abstand gesiebt. Die Siebböden wurden jeweils leer und mit dem Rückstand direkt auf \pm 50 mg ausgewogen. Bezogen auf die Gesamtprobenmenge von mindestens 100 g ergaben sich somit vernachlässigbar geringe Wägefehler.

Das Schlammgut >1,5 ζ ° wurde nach intensivem Schütteln in einer Schüttelmaschine in leicht abgeänderte Atterberg-Zylinder nach ANDREASEN mit 20 cm Fallhöhe eingebracht. Die Abtrennung der einzelnen Fraktionen erfolgte nach den aus der STOKESschen Formel berechneten Fallzeiten für die Quarzäquivalentkorngrössen. Die einzelnen Fraktionen wurden nach Filtration durch Membranfilter und Trocknung bis zur Gewichtskonstanz auf einer Analysenwaage ausgewogen. Auch hier bleibt der Wägefehler vernachlässigbar gering. Die weitaus grössten Ungenauigkeiten im ganzen Analysengang entstehen durch die Verwendung zweier grundverschiedener Methoden: Schlämzung und Siebung. Dies ist bei der Auswertung und Interpretation der Daten gegebenenfalls zu berücksichtigen.

CORRENS + SCHOTT (1932) weisen auf mögliche Karbonatverluste (bis 10 % bei geringen Einwaagemengen) beim Schlämzen der feinsten Fraktionen karbonatischer Sedimente im Atterberg-Zylinder hin. Zur Vermeidung dieses Fehlers empfehlen sie den Gebrauch von 0,01 n Amoniak-Lösung. Dieses Verfahren wurde auch bei den obigen Arbeiten angewendet. Zudem wurde danach gestrebt, die Gesamtwassermenge durch wiederholten Gebrauch möglichst gering zu halten.

Die Proben der vier Profilstrecken und einige Proben aus den Buchten wurden fraktioniert auf ihren Karbonatgehalt untersucht. Dazu wurden Probenmengen von 1 bis 2 g in überschüssiger Schwefelsäure gelöst und kurz aufgeköcht. Der Überschuss an Schwefelsäure wurde mit Natronlauge zurücktitriert. Die Karbonatmengen wurden als CaCO₃ berechnet. Der MgCO₃-Anteil am Gesamtkarbonat betrug in einigen Stichprobenuntersuchungen maximal 10 %. Nimmt man dies als Mittelwert an, so ergibt sich, dass die angeführten Karbonatwerte Maximalwerte sind, die unter Umständen bis 3 % zu hoch liegen können.

b. Darstellung und Diskussion der gefundenen Daten

1. Darstellung

Zur Siebanalyse wurden Siebe nach der Norm DIN 4188 benutzt. Diese folgt der Atterberg-Einteilung und unterteilt im relativierenden Masstab nach 1/10 Zeta-Graden. Dabei ist $\zeta = -\lg \frac{x}{2} \frac{(\text{mm})}{(\text{mm})}$; $x_0 = 2 \text{ mm}$
Über die Vorteile dieser Einteilung siehe ausführlich bei WALGER (1964).

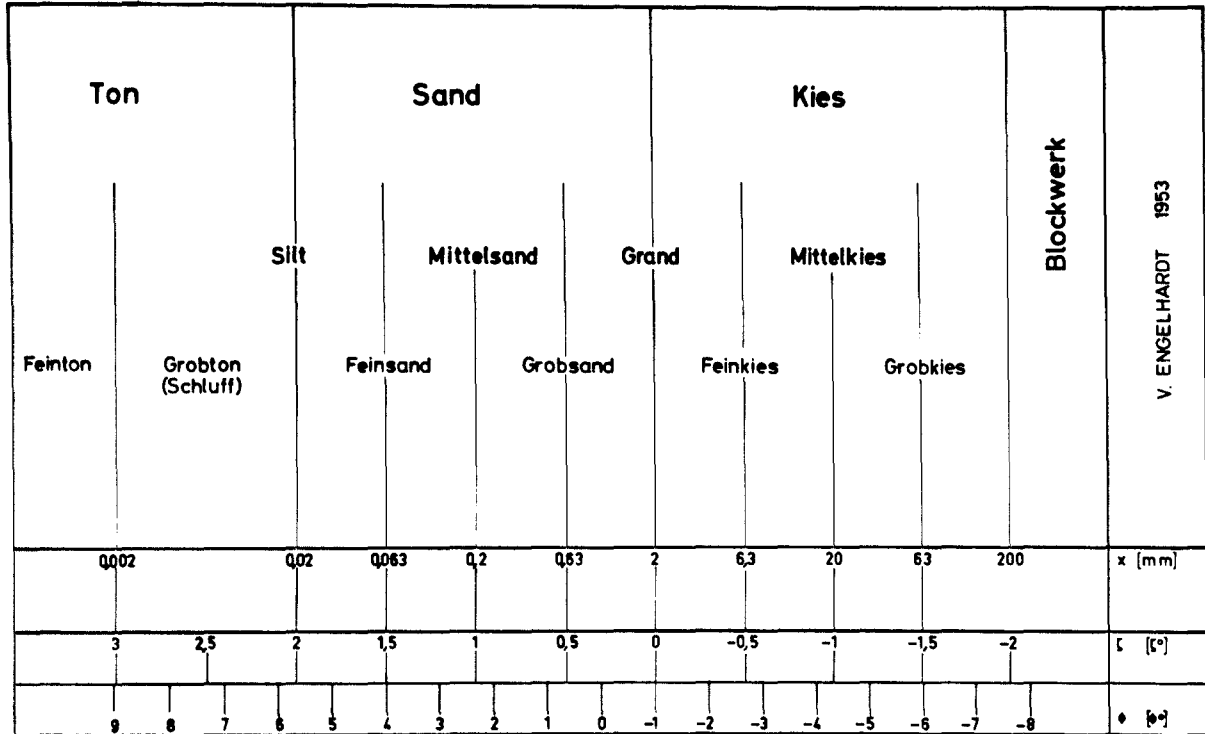


Abb. 5 Vergleich üblicher Korngrößenmassstäbe und Korngrößenbenennungen.

Fig. 5 Comparison of usual grain-size scales and grain-size terms.

Die glatten Häufigkeitskurven wurden aus den entsprechenden Histogrammen durch Zwickelabgleich gewonnen. Die relativ grossen Abstände von $0,5\zeta$ in den Schlammfraktionen $>1,5\zeta$ lassen naturgemäss einen grösseren Spielraum für Interpretation und Interpolation als die engen Abstände von $1/10\zeta$ der Siebkorngrössen. Bei der Darstellung wurde allgemein den glatten Häufigkeitskurven der Vorzug vor den Summenkurven gegeben, da erstere als 1. Ableitung der Summenkurve die teilweise recht geringen Unterschiede deutlicher sichtbar macht. In den Fällen, in denen die Summenkurven verwendet wurden, sind diese im Wahrscheinlichkeitsnetz dargestellt. Bei der Benutzung eines logarithmischen Korngrößenmassstabes, wie ihn die Zeta-Grad-Skala darstellt, wird eine logarithmische Normalverteilung zu einer Geraden verstreckt. Für einen Vergleich und Beurteilung der am Aufbau eines Sedimentes beteiligten Komponenten enthält diese Darstellungsweise sehr viele Vorteile.

Die genauen Daten der Korngrößenverteilungen und Karbonatgehalte sind in den Tabellen am Ende aufgeführt.

2. Profilbeschreibungen

Die Häufigkeitsverteilungen der 31 Oberflächenproben der vier Profilstrecken (Profile I bis IV) vor der Küste wurden in Blockprofilen parallelperspektivisch zusammengestellt (Abb. 6, 7, 8, 9). Die Kurven sind maßstäblich mit auf den Betrachter zu steigender Küstenentfernung dargestellt, so dass die küstenfernste Station jeweils den Vordergrund bildet. Die Wassertiefen der jeweiligen Stationen sind senkrecht nach unten projiziert. Die Verbindungslinie der Endpunkte gibt gleichzeitig ein vereinfachtes Bild der Bodenoberfläche wieder. Das dargestellte Kornspektrum reicht von 3 bis $-0,5\zeta^{\circ}$. In diesem Bereich sind alle wesentlichen Merkmale der Kurven erfasst.

Profil I (Abb. 6) ist das am weitesten südlich gelegene und gleichzeitig mit 42,6 km das längste Profil. Das Teilprofil bis 3,9 km Küstenentfernung mit den Stationen A 33, A 34, A 35 und A 36 kann als Musterprofil der möglichen Sedimentationstypen des vorwiegend von der alten Karstmorphologie geprägten Küstenstreifens gelten. Probe A 36 aus 17 m Wassertiefe zeigt einen grossen Feinanteil von ca. 50 % zwischen 2 und $1\zeta^{\circ}$ mit Maxima bei $1,4\zeta^{\circ}$ und $1,17\zeta^{\circ}$. Der Grobanteil von ca. 40 % zwischen $1\zeta^{\circ}$ und $0\zeta^{\circ}$ ist ein sehr heterogenes Gemisch aus Organismenschalen und grösseren Schalenbruchstücken. Ein geringer Anteil an kleinen Geröllen vom Küstenabbau ist ebenfalls darin enthalten.

Die nur 0,8 km entfernte, ebenfalls aus 17 m Wassertiefe stammende Probe A 35 zeigt einen ganz anderen Aufbau der Kornverteilung. Fast 80 % der gesamten Probe sind auf den Bereich zwischen $0,7$ und $-0,5\zeta^{\circ}$ konzentriert. Nur ein geringer Teil, im Sediment in den Grobkornzwischenräumen geschützt liegend, ist feiner als $0,7\zeta^{\circ}$.

Die im Profil anschliessenden, bei 1,8 km und 3,9 km liegenden Stationen A 34 und A 33 weisen wieder eine ganz abweichende Kurvenform auf. Untereinander gut vergleichbar, mit zunehmender Wassertiefe (A 34 bei 30 m und A 33 bei 42 m) feinkörniger werdend, sind bei diesen Proben ca. 95 % feiner als $1\zeta^{\circ}$. Gut erkennbar, wenn auch nur in sehr geringen Mengen vorhanden, ist wieder die heterogene Grobkornkomponente.

Sehr deutlich demonstriert wird bei diesen Proben die Anhängigkeit der Korngrössenverteilung von der Exposition des Ablagerungsraumes. Die Regel, je tiefer das Wasser, um so feinkörniger das Sediment, ist nur eine grobe Vereinfachung und gilt kaum für küstennahe Sedimente dieser Art.

Unterschiedliche Exposition erklärt ganz einfach und zwangsläufig die Kornverteilungen im obigen Profilabschnitt. Die Exposition des Ablagerungsraumes ist abhängig vom Relief und der Wasserbewegung, deren Hauptkomponenten Meeresströmungen, Gezeiten, Seiches und Seegang sind.

Die wirksame Untergrenze starker Wellenbewegung liegt in der nördlichen Adria bei etwa 20 m. Die grössten Aktivitäten werden vornehmlich dann erreicht, wenn bei entsprechender Wetterlage eine lange Dünung aus südlicher Richtung, also aus Gebieten mit grösserer Wassertiefe, heranläuft.

Die Sedimente von A 33 und A 34 werden demnach vom Seegang gar nicht beeinflusst. Im Gegenteil führt die extreme Schutzlage in einer Reliefdepression zu einer erhöhten Sedimentation von anorganischem Feinmaterial. Die hauptsächlichsten organischen Sedimentproduzenten meiden solche Weichböden, so dass eine stärkere Produktion von Grobmaterial unterbleibt. Das Gleichgewicht verschiebt sich immer mehr zum feineren Material.

Station A 35, in 17 m Wassertiefe auf einer Schwelle liegend, ist dagegen extrem exponiert. Das Sediment ist folglich sehr grob und gut sortiert.

Diese Schwelle bei Station A 35 erfüllt gleichzeitig eine Schutzfunktion für das dahinter liegende, geringfügig tiefere Gebiet. Sie wirkt ähnlich wie ein Wellenbrecher, so dass bei A 36 bei 12 m, also geringerer Wassertiefe als bei A 35, bedingt durch die geringere Exposition, ein im Medianwert erheblich feinkörnigeres und schlechter sortiertes Sediment zur Ablagerung kommt.

Diese speziellen Küsten- und Reliefunterschiede, verursacht durch die alte Verkarstung, verlieren sich etwa 2 bis 4 km vor der Küste, etwa an der 30 m-Linie. Von der Station A 32 an seewärts ist daher kein nennenswerter Unterschied in der Exposition der einzelnen Stationen zu erwarten, zumal die Wassertiefe nur unwesentlich, ganz allmählich bis maximal 40 m zunimmt. Diese Gleichförmigkeit in den äusseren Bedingungen spiegelt sich wieder im Sediment und damit in den Kornverteilungskurven. Es entstehen mehr oder weniger einheitliche, mehrgipfelige Häufigkeitskurven mit verschieden stark ausgeprägten Maxima. Verfolgt man diese Maxima von der Küste aus (der oben beschriebene unmittelbare Küstenstreifen bleibt unberücksichtigt), so erkennt man, dass bei A 32, A 19 und A 18 das Hauptmaximum zwischen $1,11$ und $1,04\zeta^{\circ}$ schwankt und ein kleineres Nebenmaximum, erkennbar an der teilweise starken Asymmetrie der Kurven, bei etwa $1,4\zeta^{\circ}$ liegt. Von A 17 an kehrt sich dieses Verhältnis um. Das Nebenmaximum wird zum Hauptmaximum und pendelt zwischen $1,4$ und $1,46\zeta^{\circ}$. Das Hauptmaximum wird entsprechend zum Nebenmaximum, wird sehr schnell kleiner und ist bei A 38, also bei 27,4 km Küstenentfernung nicht mehr zu erkennen.

Von A 31 an, entsprechend 33,1 km, entsteht nun ein neues, kräftigeres Nebenmaximum bei $1,16\zeta^{\circ}$, das bei A 37 ebenfalls deutlich zu erkennen ist.

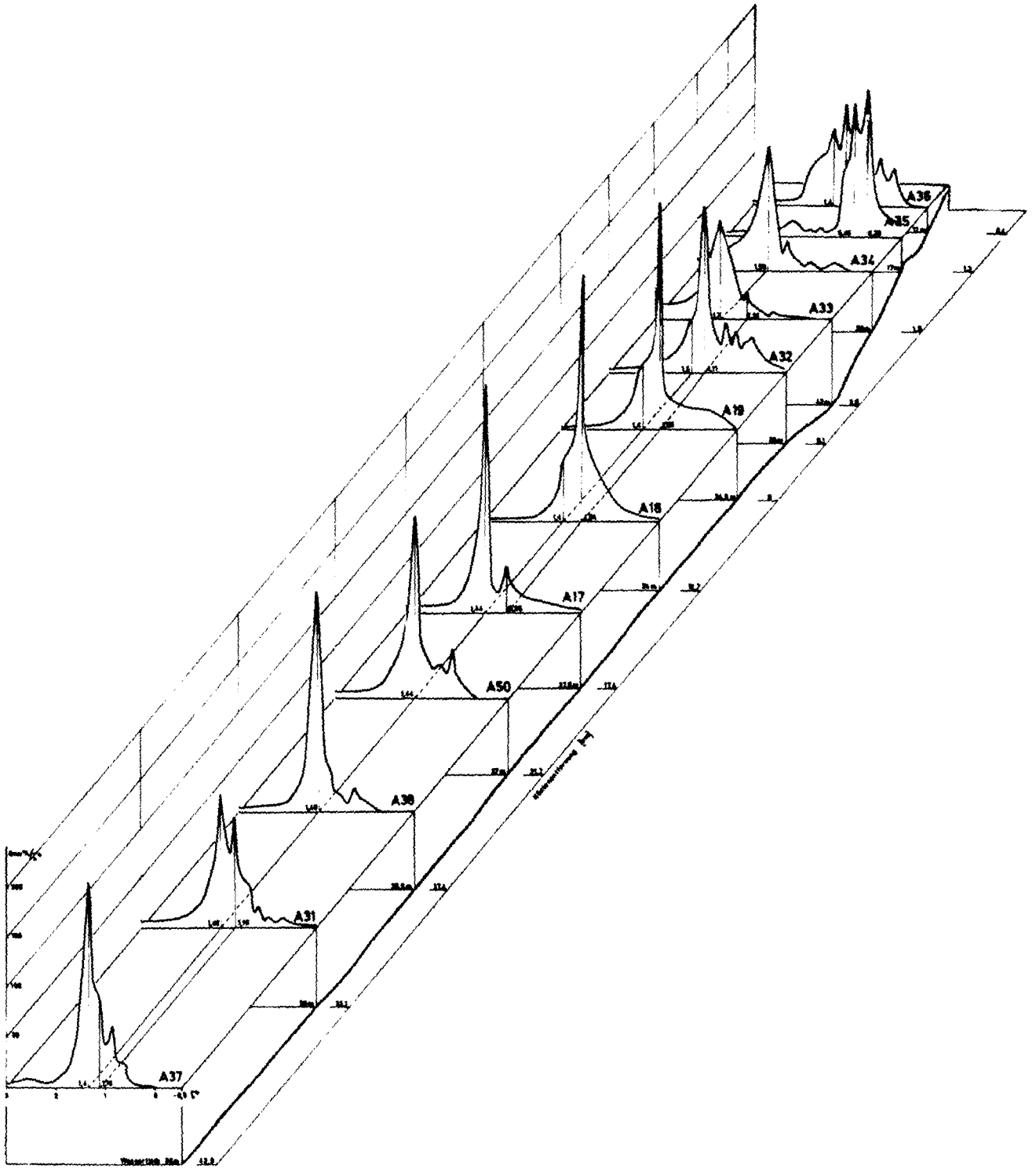
Ein weiteres Maximum, bei weitem nicht so scharf und deutlich ausgebildet, umfasst den ganzen, sehr unregelmässigen Kurvenbereich zwischen $0,8$ und $-0,5\zeta^{\circ}$. Dieses Maximum nimmt kontinuierlich und sehr rasch bis A 17 ab. Darüber hinaus kann der Anteil zwischen $0,5$ und $-0,5\zeta^{\circ}$ sogar ganz fehlen. Auffallend ist die gemeinsame quantitative Abnahme dieses Maximums und des Hauptmaximums bei $1,1\zeta^{\circ}$ im Bereich zwischen den Stationen A 32 und A 17.

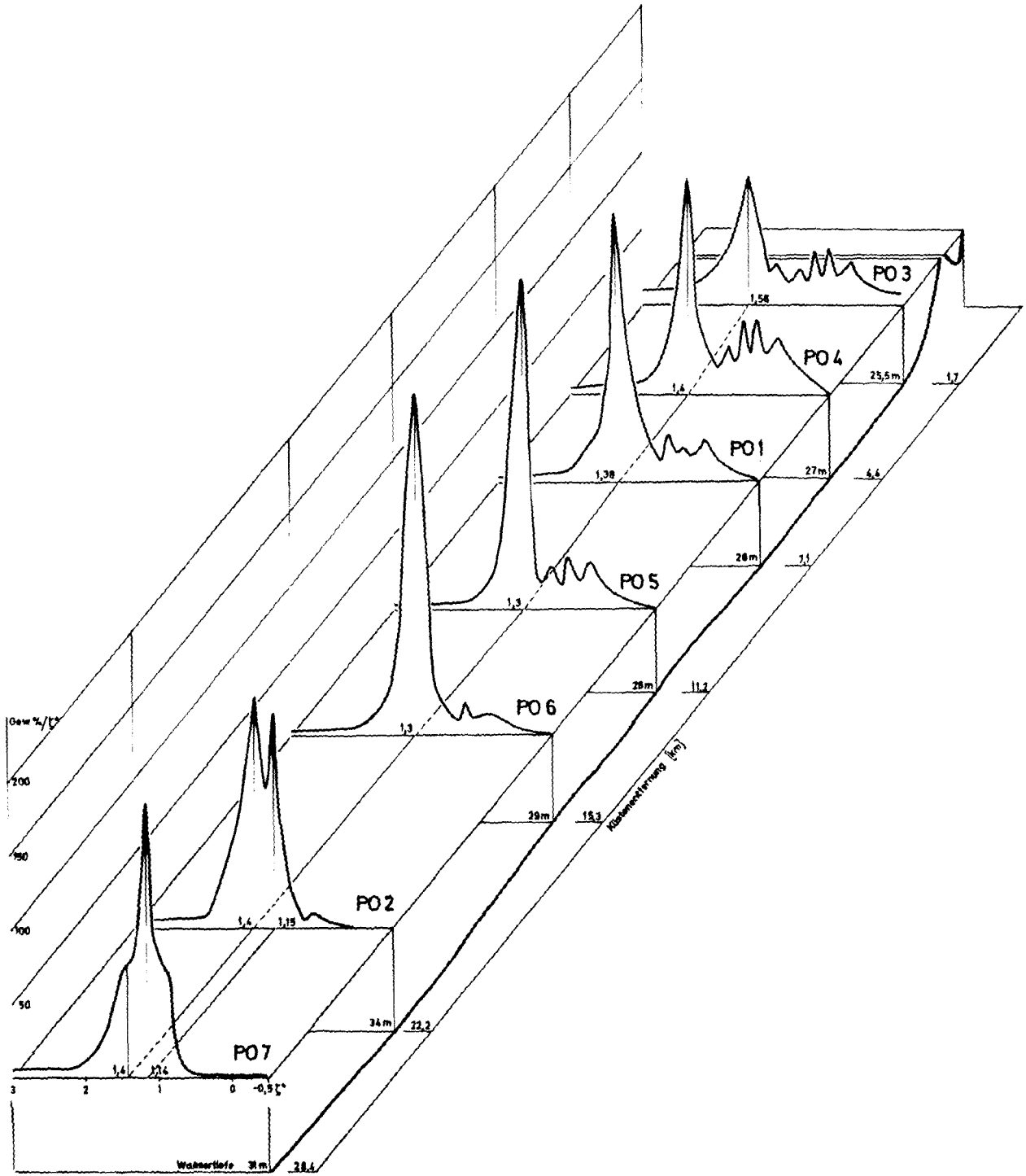
Profil II (Abb. 7). Hier fehlt im Gegensatz zu Profil I der karstmorphologisch geprägte Küstenabschnitt. Station A 25 liegt im Grundberührungsbereich schwerer Brandung in 17 m Wassertiefe. Das Sediment ist folglich sehr grob und gut sortiert und ist gut mit dem Material von Station A 35 zu vergleichen.

Die Kurven A 43 und A 22 stellen das "normale Küstensediment" dar, das unterhalb der 30 m-Linie und ohne Einfluss der Karstmorphologie gebildet wird. Das Hauptmaximum liegt bei $1,4\zeta^{\circ}$. Das normale Nebenmaximum bei $1,1\zeta^{\circ}$ ist nicht erkennbar klein, oder wird von dem unregelmässigen Grobkornmaximum verdeckt. In den Kurven der Stationen A 45, A 27 und A 49 ist ein extrem hohes Hauptmaximum zwischen $1,06$ und $1,14\zeta^{\circ}$ zu erkennen. Ein Nebenmaximum ist ebenfalls zu erkennen, was sich aus der starken Asymmetrie der Kurven ergibt. Station A 39 bei 22,4 km weist zwei etwa gleich grosse Maxima bei $1,19$ und $1,47\zeta^{\circ}$ auf, die in ihrer Lage genau denen von Station A 31 in Profil I entsprechen. Sehr gut erkennbar ist wiederum die quantitative Abnahme des unregelmässigen Grobkornmaximums zwischen $0,8$ und $-0,5\zeta^{\circ}$ mit zunehmender Küstenentfernung. Nicht so deutlich ausgeprägt ist die mehrgipfelige Form der Verteilungskurven im mittleren Teil des Profils.

Abb. 6 Korngrössenhäufigkeitsverteilungen der Oberflächenproben im Profil I.

Fig. 6 Frequency curves of grain-size distribution of surface samples of profile I.





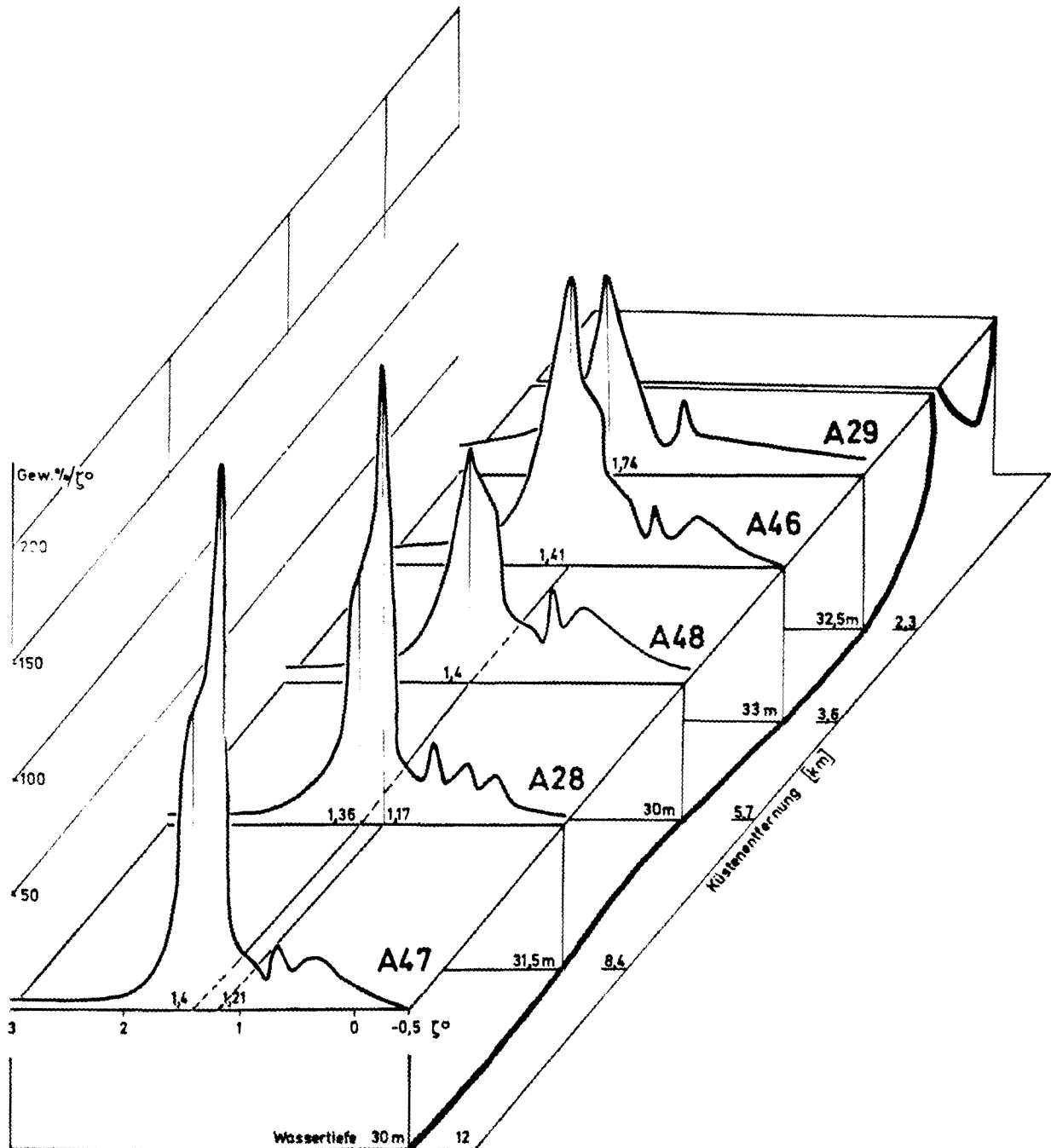


Abb. 8 Korngrössenhäufigkeitsverteilungen der Oberflächenproben in Profil III.

Fig. 8 Frequency curves of grain-size distribution of surface samples of profile III.

Profil III (Abb. 8) ist mit 12 km Länge das kürzeste Profil. Station A 29 zeigt ein extrem feinkörniges Sediment mit einem Maximum bei $1,74 \zeta^\circ$. Die Sedimentation wird hier stark vom Relief beeinflusst. Die Lage am Rand einer Untiefe führt zu ähnlichen Sedimentationsverhältnissen wie bei den Stationen

Abb. 7 Korngrössenhäufigkeitsverteilungen der Oberflächenproben in Profil II.

Fig. 7 Frequency curves of grain-size distribution of surface samples of profile II.

A 33 und A 34 in Profil I.

Die Stationen A 46 und A 48 mit einem Hauptmaximum bei 1,41 bzw. 1,4 ζ° gehören zum "normalen Küstensediment". Das Nebenmaximum von 1,1 ζ° wird durch die Asymmetrie der Kurve ausgedrückt.

Die Doppelgipfeligkeit ist im anschliessenden Profilabschnitt wieder sehr deutlich ausgeprägt bei den Stationen A 28 und A 47. Mit ihren Hauptmaxima bei 1,17 bzw. 1,21 ζ° und den Nebenmaxima von 1,36 bzw. 1,4 ζ° sind sie direkt vergleichbar mit dem Abschnitt A 19 bis A 18 in Profil I.

Sehr deutlich ist auch in diesem Profil die Abnahme des Grobkornmaximums mit der Küstenentfernung.

Profil IV (Abb. 9). Die Kurve der Station PO 3 zeigt den typischen Verlauf für das "normale Küstensediment". Ein deutliches Feinkornmaximum bei 1,56 ζ° ein nur ganz schwach angedeutetes Nebenmaximum bei 1,1 ζ° und das sehr breite, sehr unregelmässige Grobkornmaximum zwischen 0,8 und -0,5 ζ° bilden diesen Typus.

PO 4 und PO 1 weisen deutliche Maxima bei 1,4 bzw. 1,36 ζ° auf. Die Nebenmaxima bei 1,1 ζ° werden wiederum nur durch die Kurvenasymmetrie ausgedrückt. PO 5 und PO 6 weisen nun abweichend von allen anderen Kurven jeweils nur ein breites und hohes Maximum bei 1,3 ζ° auf.

Die bei 22,2 km folgende Station PO 2 zeigt wie Station A 39 in Profil II und Station A 31 in Profil I die gleichmässige zweigipfelige Verteilung mit zwei etwa gleich grossen Maxima bei 1,4 und 1,15 ζ° . Diese beiden Maxima finden sich ebenso, jedoch in anderem Verhältnis, bei Station PO 7 in 28,4 km Küstenentfernung. Wie in allen Profilen, wird auch hier das Grobkornmaximum mit steigender Küstenentfernung immer kleiner und tritt auf den äusseren Stationen kaum noch in Erscheinung.

Bei zusammenfassender Betrachtung aller vier Profilstrecken ist demnach festzustellen, dass die Sedimentverteilung mit geringen Unterschieden in allen Profilen in ganz bestimmter räumlicher Anordnung wiederkehrt. Es lassen sich dabei vier Sedimentationsräume unterscheiden (Abb. 10).

Sedimentzone 1 Der von der Karstmorphologie geprägte Küstenstreifen von 2 bis 4 km Breite weist ein breites Spektrum von möglichen Sedimenten auf. Diese Vielfalt rührt von den ausserordentlich hohen Expositionsunterschieden, hervorgerufen durch das starke Bodenrelief und unterschiedliche Wasserbewegung her. Als Beispiele möglicher Sedimenttypen sind in Abb. 11 die Summenkurven der Stationen A 33 und A 34 (Reliefdepression), A 35 (Schwelle) und A 36 (geschützter Küstenraum geringer Wassertiefe) aufgetragen.

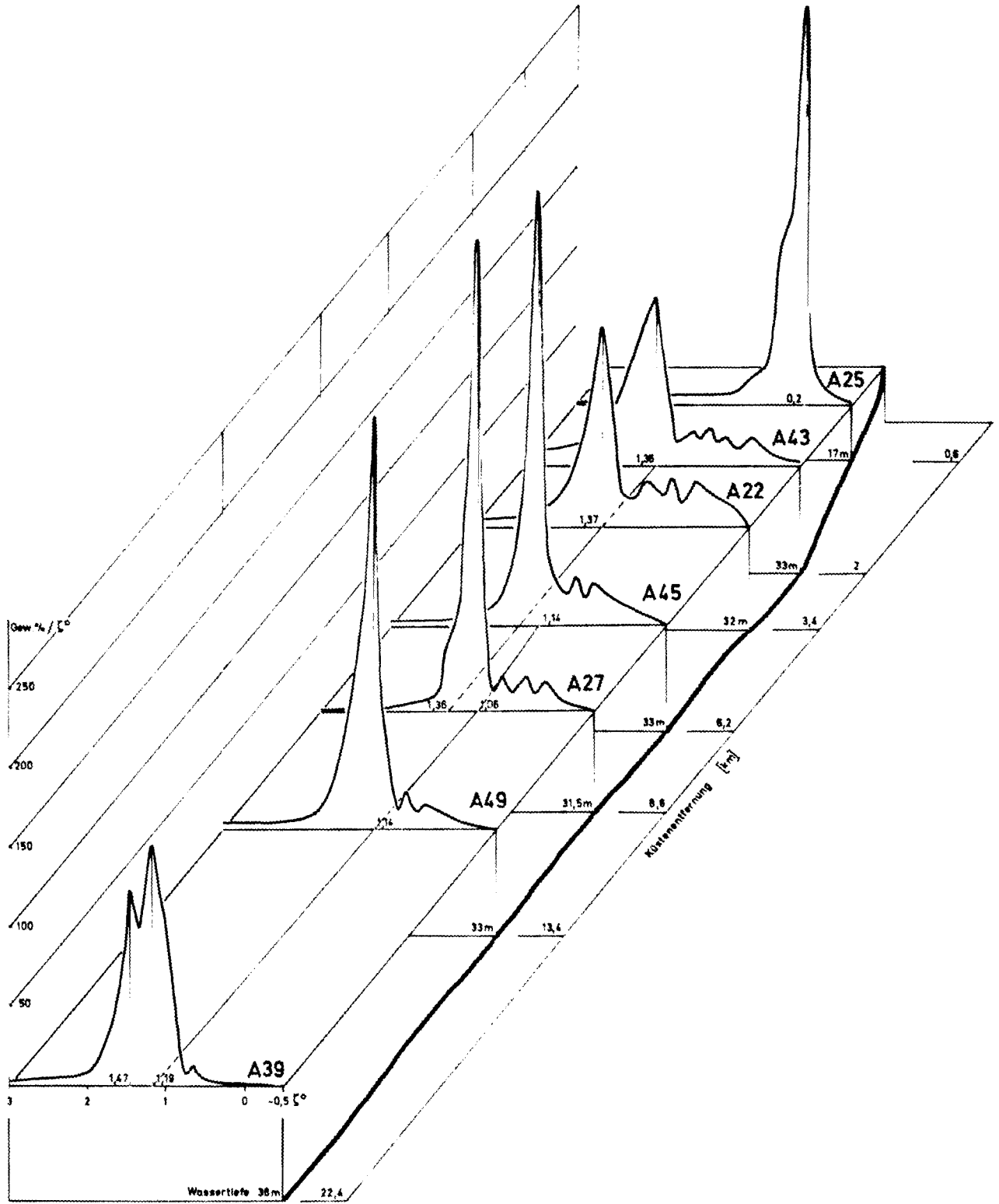
Sedimentzone 2 Der schmale Streifen von ca. 2 km Breite seewärts an Zone 1 anschliessend wird charakterisiert durch Station PO 3 in Abb. 12. Im Text bezeichnet als "normales Küstensediment", führt es einen hohen Anteil sowie an Fein- als auch an Grobkomponente. Die Sortierung ist extrem schlecht.

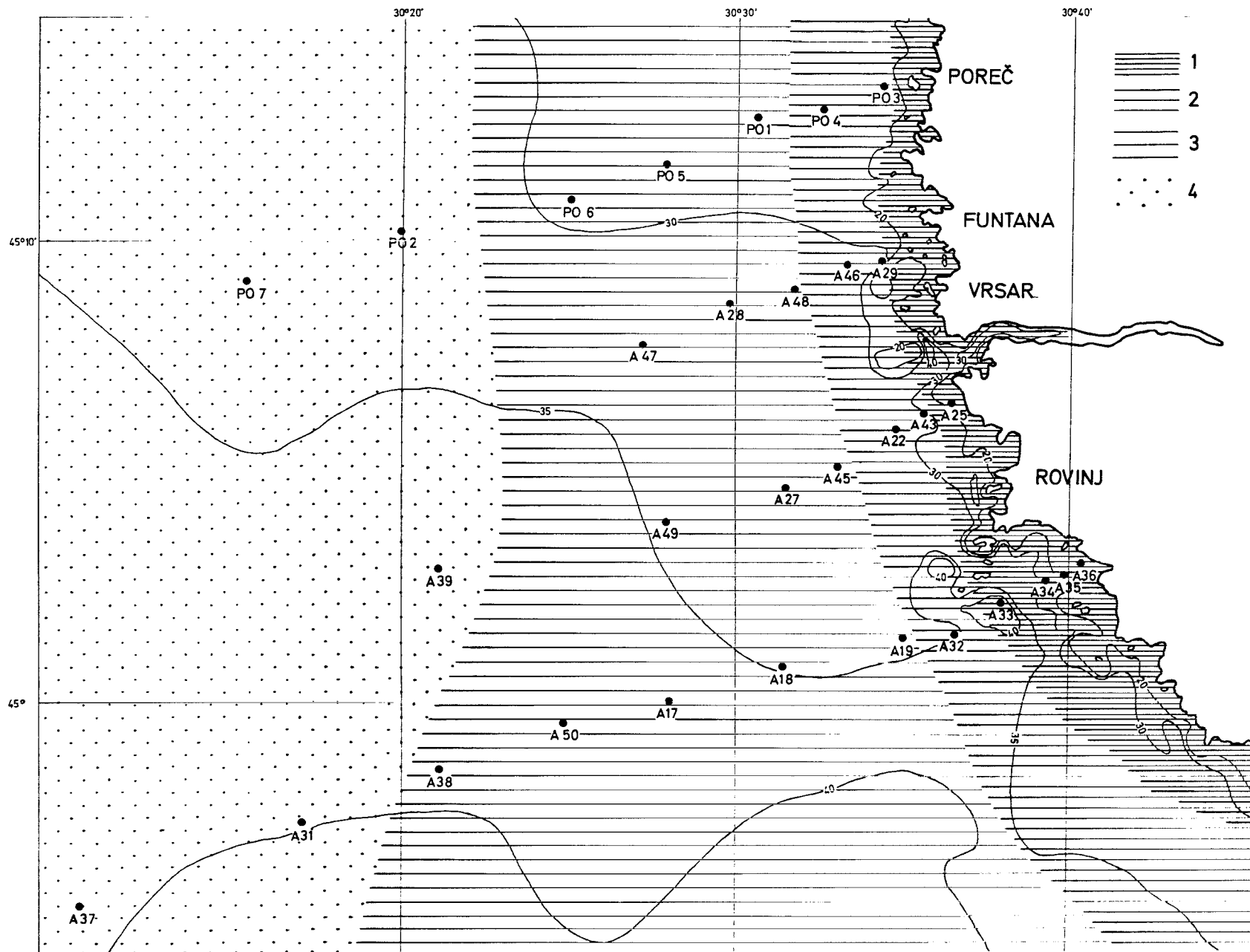
Sedimentzone 3 Der an Zone 2 seewärts anschliessende Streifen von 10 bis 15 km Breite, dargestellt durch Station PO 5 in Abb. 12, führt den geringsten Anteil an Feinkomponente >1,5 ζ° , dagegen ist der Anteil an Grobkomponente <0,8 ζ° noch relativ gross.

Sedimentzone 4 In etwa 20 bis 30 km Küstenentfernung beginnt der Bereich des äussersten Sedimentationsraumes (Station PO 7 in Abb. 12). Der Feinkornanteil >1,5 ζ° liegt höher als bei Zone 3. Der Grob-

Abb. 9 Korngrössenhäufigkeitsverteilungen der Oberflächenproben in Profil IV.

Fig. 9 Frequency curves of grain-size distribution of surface samples of profile IV.





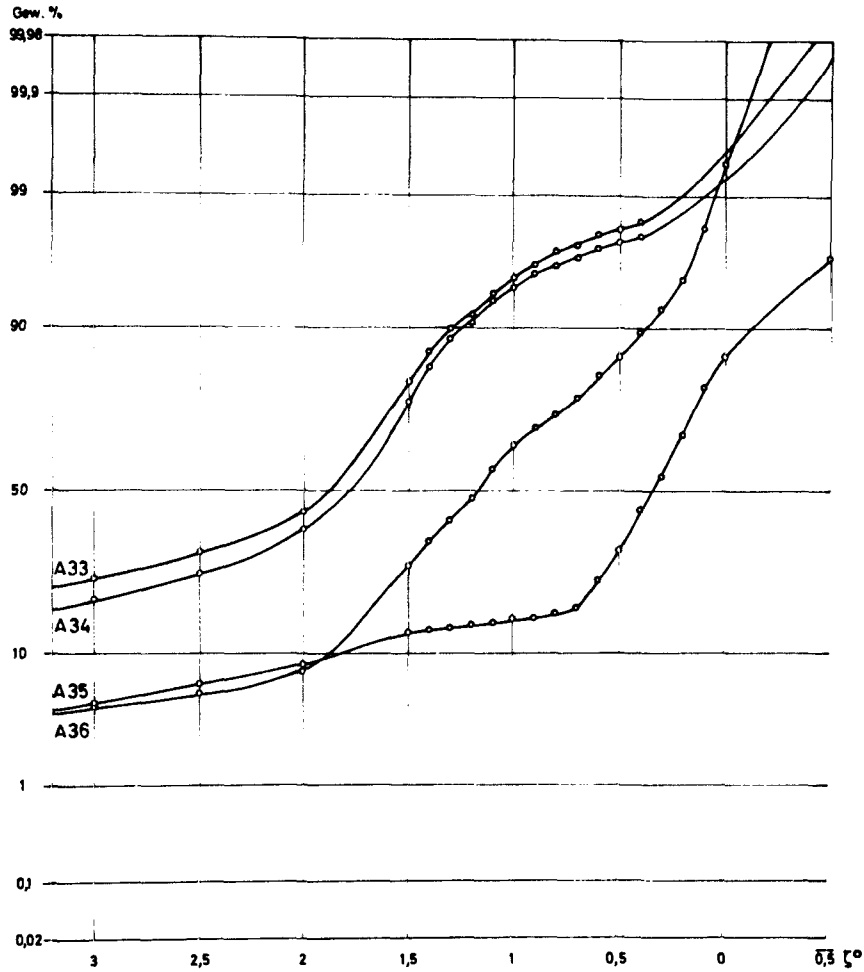


Abb. 11 Korngrössensummenkurven möglicher Sedimente aus dem unmittelbaren Küstenraum. Sedimentzone 1
 Fig. 11 Cumulative grain-size distribution curves of sediments from the direct coastal area. Sedimentzone 1

kornanteil $< 0,8\phi$ liegt dagegen nur noch bei wenigen Prozent. Deutlicher erscheint der Unterschied zwischen den Sedimentzonen 3 und 4 bei Betrachtung der Häufigkeitsverteilungen in den Profilen I, II und IV. Durch Überlagerung eines neuen Nebenmaximums macht sich der Einfluss einer neuen Sedimentkomponente bemerkbar. Die grundsätzliche Verschiedenheit der Sedimentzonen 3 und 4 wird besonders deutlich, wenn man den noch später zu besprechenden Karbonatgehalt mit berücksichtigt.

Abb. 10 Verteilung der Sedimentzonen. 1 = Sedimentzone 1; 2 = Sedimentzone 2; 3 = Sedimentzone 3;
 4 = Sedimentzone 4.

Fig. 10 Distribution of sedimentzones.

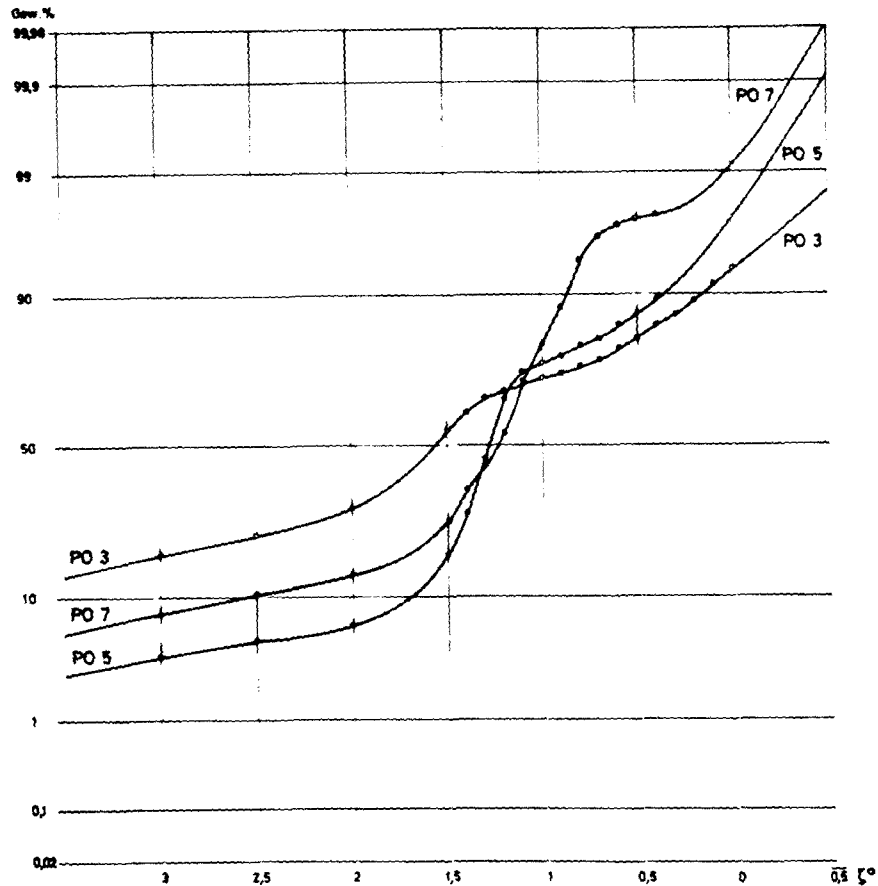


Abb. 12 Korngrössensummenkurven typischer Sedimente für die Sedimentzonen 2 (PO 3); 3 (PO 5) und 4 (PO 7).

Fig. 12 Cumulative grain-size distribution curves of typical sediments from sedimentzone 2 (PO 3); 3 (PO 5), and 4 (PO 7).

3. Medianwert und Sortierung

Sortierungsmasse sind in polymodalen Korngemengen grundsätzlich problematisch, da sie streng genommen nur für Einzelkollektive Kennwerte darstellen. Sie sollen deshalb hier nur pauschal berücksichtigt werden.

Der Zusammenhang zwischen Medianwert ($Md\zeta$) und der Sortierung ($G\zeta$) ist in Abb. 13 dargestellt. Als Sortierungsmass wurde $G\zeta = \frac{1}{2} (P_{10} - P_{90})$ nach INMAN (1952) gewählt. Die höchsten $G\zeta$ -Werte und damit die schlechteste Sortierung bei gleichzeitig hohen $Md\zeta$ -Werten, also einem hohen Feinkornanteil am Gesamtsediment, zeigen die Proben der Sedimentzonen 1 und 2. Eine Ausnahme bilden lediglich die Stationen A 25 und A 35, die ihr sehr grobes und gut sortiertes Sediment ihrer extrem grossen Exposition gegenüber der Wasserbewegung verdanken. Der Übergang der Sedimentzonen 2 und 3 ist in Abb. 13 gestrichelt ausgezogen. Die Proben der Zonen 3 und 4 konzentrieren sich an einem kleinen Areal um $G\zeta$ -Werte von 0,4 und $Md\zeta$ -Werte von 1,3. Niedrige $G\zeta$ -Werte, das heisst eine gute Sortierung, werden nur dort erreicht, wo die Kräfte der Wasserbewegung direkt auf das Sediment einwirken können. Ausserhalb dieser Gebiete, in genügender Wassertiefe, läuft der Sortierungsvorgang parallel mit der Sedimentbildung durch die organische Produktion und der organischen Vermahlung.

Wird nun der Medianwert $Md\zeta$ über der Küstenentfernung aufgetragen, so ergibt sich eine klare Abhängigkeit, die in Abb. 14 dargestellt ist. Bis etwa 5 km Küstenentfernung, die Sedimentzonen 1 und 2 umfassend

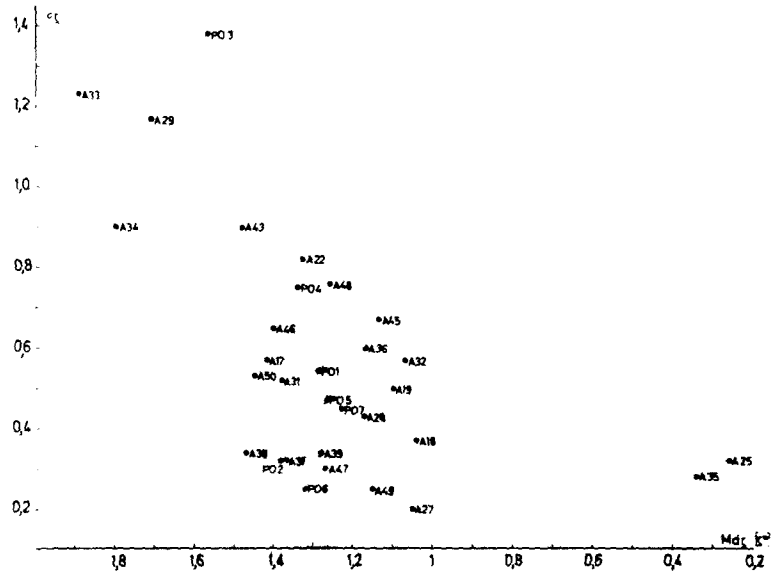


Abb. 13 Zusammenhang von Sortierung und Medianwert. Die größten Streuwerte gehören zur Sedimentzone 1.

Fig. 13 Sorting and median. Maximum extents of scatter belong to sedimentzone 1.

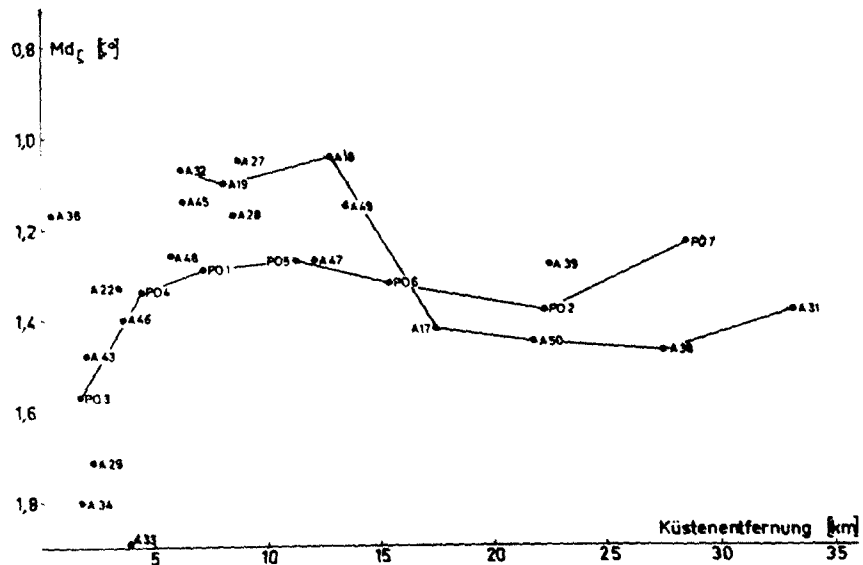


Abb. 14 Änderung der mittleren Korngrösse mit steigender Küstenentfernung. Die Stationen der Profile I und IV sind durch ausgezogene Linien verbunden

Fig. 14 Variation of median grain-size with increasing distance from coast. Samples of profiles I and IV are connected by lines.

sind $Md\zeta$ -Werte zwischen 1,1 und 1,9 zu erwarten. Lediglich die Stationen A 25 ($Md\zeta = 0,26$) und A 35 ($Md\zeta = 0,34$) bilden wegen ihrer Lage zur Wasserbewegung wiederum Ausnahmen. Die niedrigsten Werte ($Md\zeta$ 1,0 - 1,3) im Mittel und damit die grössten Sedimente finden sich in der Sedimentzone 3. In der Sedimentzone 4 und weiter seewärts gruppieren sich die $Md\zeta$ -Werte zwischen 1,2 und 1,5. Dabei ist eine geringe Zunahme der mittleren Korngrösse in den seewärtigen Profilabschnitten zu beobachten. Dies ist im beginnenden Einfluss der später zu besprechenden detritischen Sedimentzufuhr durch die westlichen Alpenflüsse begründet.

Die im Mittelwert grössten und feinsten Sedimente finden sich demnach im Küstenbereich bis etwa 5 km Küstenentfernung, den Sedimentzonen 1 und 2 entsprechend. Die Sedimentzone 3 enthält die im Mittel feinkörnigsten Sedimente im Bereich zwischen 5 und 15 km Küstenentfernung. Nach einer Kornverfeinerung im Übergangsbereich zur Sedimentzone 4 erfolgt wiederum eine geringe Zunahme der mittleren Korngrösse durch die Zufuhr von detritischer Sedimentkomponente im seewärtigen Bereich der Sedimentzone 4.

4. Karbonatgehalt

Der Gesamtkarbonatgehalt der Proben schwankt zwischen 26,7 % bei Station PO 7 und 79,7 % bei Station A 36. Lediglich in den Buchten werden stellenweise Karbonatgehalte von über 80 % erreicht. Die genauen Werte der einzelnen Fraktionen und der Gesamtproben finden sich in den Tabellen am Schluss.

In den Abb. 15, 16 und 17 ist der Karbonatgehalt über der Küstenentfernung aufgetragen. Die Profile II, III und IV weisen dabei ein Minimum um 60 % Karbonat in Küstennähe bis 3 km auf. Ein Vergleich mit den Kornverteilungen (Abb. 13) zeigt, dass es sich hier um die Sedimente mit den höchsten $Md\zeta$ - und $\sigma\zeta$ -Werten handelt. Der Anteil der Tonfraktion $>3\zeta$ ist hier grösser als 10 %.

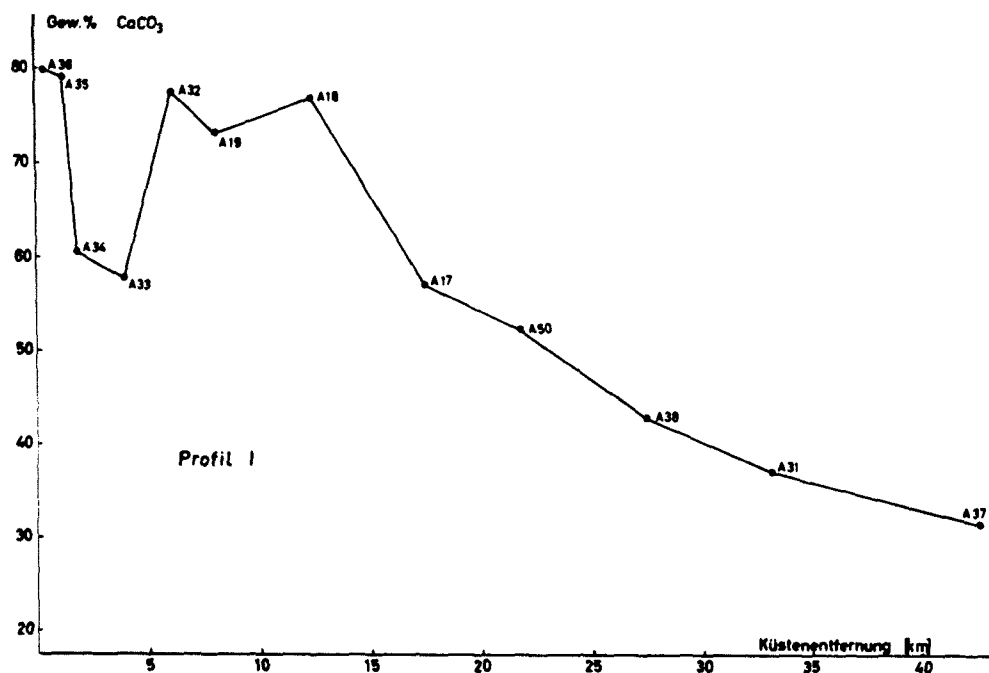


Abb. 15 Gesamtkarbonatgehalt der Proben im Profil I in Abhängigkeit von der Küstenentfernung. Deutlich erkennbar das Karbonatminimum der Sedimentzonen 1 und 2.

Fig. 15 Carbonate content of samples of profile I as the function of the distance from coast. Clearly visible the carbonate minimum of sediment zones 1 and 2.

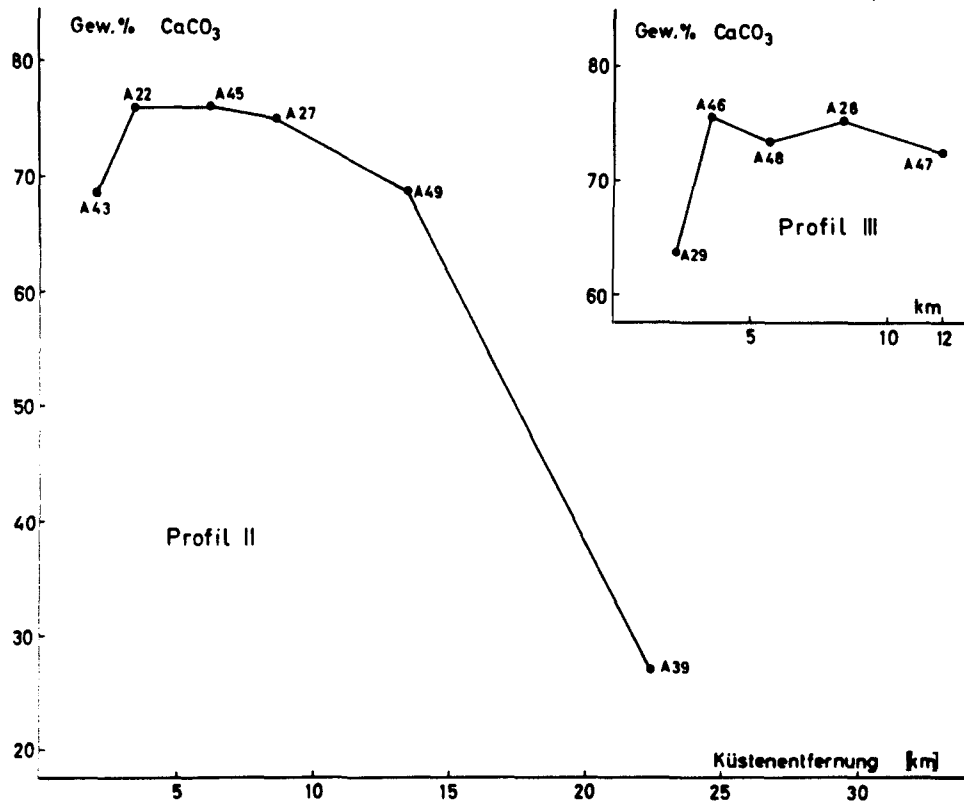


Abb. 16 Gesamtkarbonatgehalt der Proben in den Profilen II und III mit Karbonatminimum in Sedimentzone 2 und Karbonatrückgang im Übergang von Sedimentzone 3 nach 4.

Fig. 16 Carbonate content of samples of profiles II and III with carbonate minimum of sedimentzone 2 and diminishing of carbonate between sedimentzones 3 and 4.

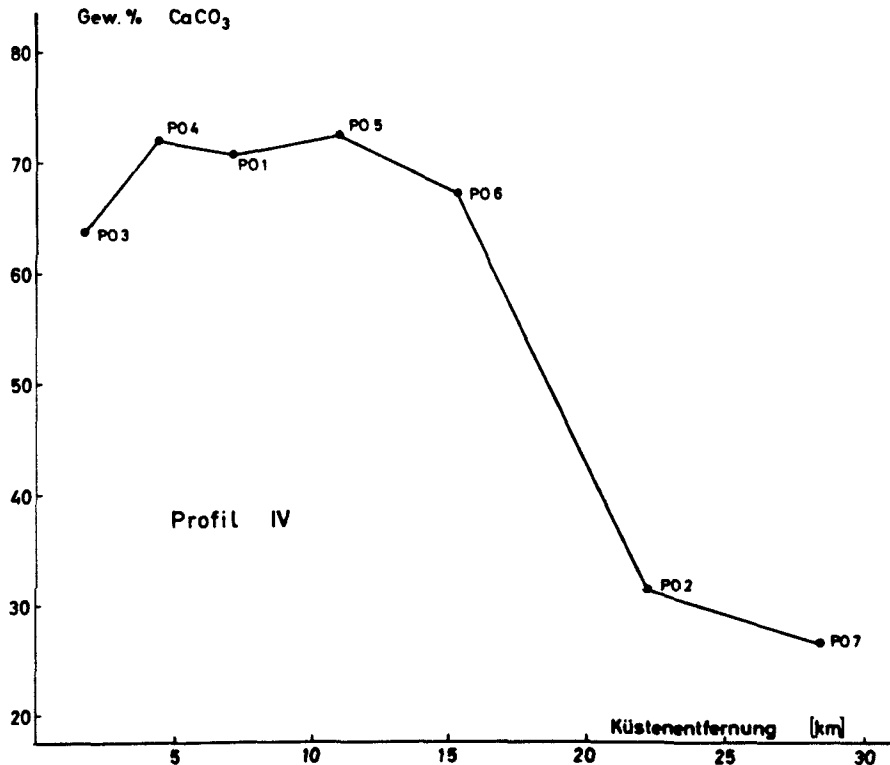


Abb. 17 Gesamtkarbonatgehalt der Proben im Profil IV in Abhängigkeit von der Küstenentfernung mit Karbonatminimum in Sedimentzone 2 und Rückgang im Übergang von Sedimentzone 3 nach 4.

Fig. 17 Carbonate content of samples of profile IV as a function of the distance from coast with carbonate minimum of sedimentzone 2 and diminishing of carbonate between sedimentzones 3 and 4.

Im Profil I (Abb. 15) ist an den Stationen A 35 und A 36 zu erkennen, dass in direkter Küstennähe der Karbonatanteil fast 80 % erreicht. Ein Vergleich der Summenkurven dieser Stationen (Abb. 11) mit denen der karbonatärmeren Stationen A 33 und A 34 zeigt die Abhängigkeit des Karbonatgehaltes von der Korngrösse.

In dem anschliessenden Bereich zwischen 3 und 15 km Küstenentfernung, der die auf Grund der Kornverteilungen ausgeschiedenen Sedimentzonen 2 und 3 umfasst, schwankt der Karbonatgehalt zwischen 70 und 80 %. Von 15 km an seewärts erfolgt eine schnelle, kontinuierliche Abnahme des Karbonatgehaltes bis auf weniger als 30 %. Diese Verringerung erfolgt in den nördlicheren Profilen II, III und IV (Abb. 16 und 17) rascher als im südlichsten Profil I (Abb. 15). Auffallend ist weiterhin, dass im Profil IV die maximalen Karbonatmengen nur 72,7 % betragen, also bis zu 5 % niedriger als in den südlicheren Profilen liegen.

Wie verteilt sich nun die Karbonatmenge der Gesamtproben auf die einzelnen Korngrössengruppen? Zur Veranschaulichung dieser Zusammenhänge sind für Profil I in Abb. 18 und für Profil IV in Abb. 19 die Karbonatanteile in Gew. % CaCO_3 über den Fraktionsintervallen aufgetragen. Dabei bedeutet jeder Punkt die Menge des links vom Punkt liegenden Korngrössenintervalles bis zum nächsten Punkt in Prozent. Die Kurven sind mit steigendem Küstenabstand untereinander aufgetragen. Die Abstände sind nicht massstäblich.

Der Karbonatgehalt der Tonfraktion $>3\zeta^\circ$ liegt zwischen 25 und 40 %. Die höchsten Werte werden dabei im unmittelbaren Küstenbereich, etwa der Sedimentzone 1 entsprechend, erreicht. Die niedrigsten Werte mit nur geringfügigen Änderungen und in keinem Falle 30 % erreichend, sind im Profil IV zu finden. Für alle Profile gilt, dass der Karbonatgehalt in dieser Fraktion gering, aber deutlich, in Richtung auf die Küste zunimmt.

Noch deutlicher wird dieser Trend in den nächsten Fraktionen 3 bis $2,5\zeta^\circ$ und $2,5$ bis $2\zeta^\circ$, die den Grobtonbereich im Sinne V. ENGELHARDT's umfassen. Hier kann der Karbonatgehalt von 40 % auf über 60 % ansteigen.

In der Fraktion 2 bis $1,5\zeta^\circ$ beginnt sich nun eine Änderung anzubahnen. Bei den Stationen seewärts 15 km verringert sich der Karbonatgehalt auf 35 bis 40 %, während er in den küstennäheren Proben weiter ansteigt und Werte zwischen 60 und 70 % erreicht. Sehr deutlich zu erkennen ist diese Änderung im Profil IV (Abb. 19) zwischen den Stationen PO 2 und PO 6 und im Profil I (Abb. 18) zwischen den Stationen A 17 und A 50.

Noch auffälliger werden die Unterschiede in der Fraktion $1,5$ bis $1,4\zeta^\circ$. In diesem kleinen Fraktionsintervall nimmt der Karbonatgehalt der äusseren Stationen weitere 5 bis 10 % ab. Gehalte von 25 bis 35 % werden erreicht. Auf den inneren Stationen nimmt der Karbonatgehalt dagegen im gleichen Verhältnis auf 70 bis 80 % zu. Ein kontinuierlicher Übergangsbereich wird mit den Stationen A 17 und A 50 ausgebildet, wo die Karbonatgehalte etwa gleich bleiben.

Diese gegenläufige Entwicklung setzt sich nun weiter fort durch die Sandkorngrössenintervalle. Die Abnahme des Karbonatgehaltes geht bei den äusseren Stationen PO 7 von Profil IV bis zu 17,1 % und bei Station A 37 im Profil I bis 25,4 % für die Fraktion $0,9$ bis $0,8\zeta^\circ$.

Im größeren Kornbereich $<0,8\zeta^\circ$ erfolgt dann eine rasche Zunahme auf 60 bis 80 %. Hier ist wiederum zu beobachten, dass in den etwas küstennäheren Proben PO 2 bzw. A 31 die Zunahme des Karbonatgehaltes schon bei etwas kleineren Korngrössen beginnt.

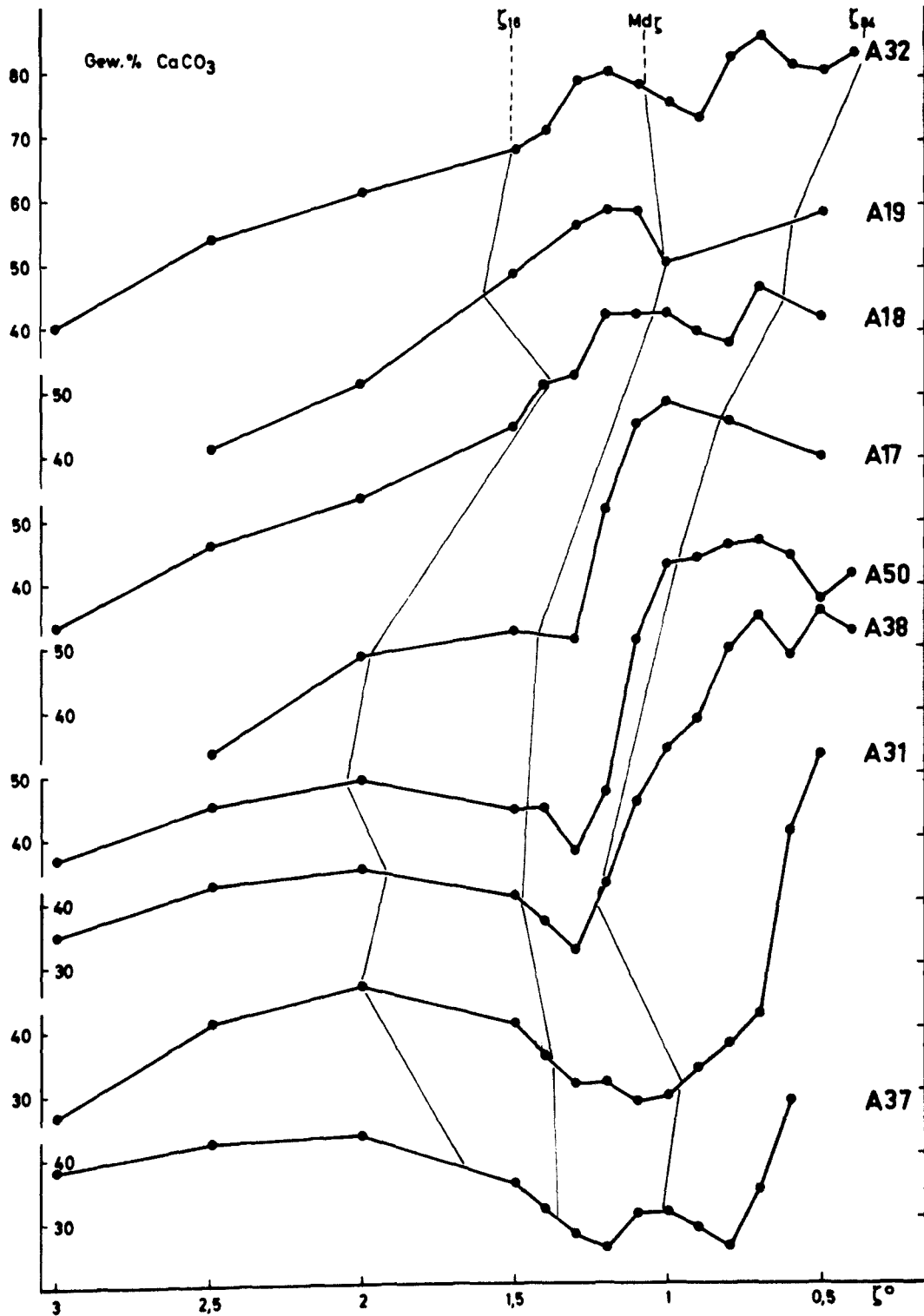


Abb. 18 Karbonatgehalte der Einzelfractionen der Proben im Profil I. Die Proben sind mit abnehmender Küstenentfernung übereinander aufgetragen. Jeder Punkt gibt den Karbonatgehalt des links vom Punkt liegenden Korngrößenintervalles bis zum nächsten Punkt in Prozenten an.

Fig. 18 Carbonate contents of the fractionated samples of profile I. Samples are plotted with increasing distance from coast from top to bottom. Every dot stands for the carbonate content of the fraction left of it up to the next dot.

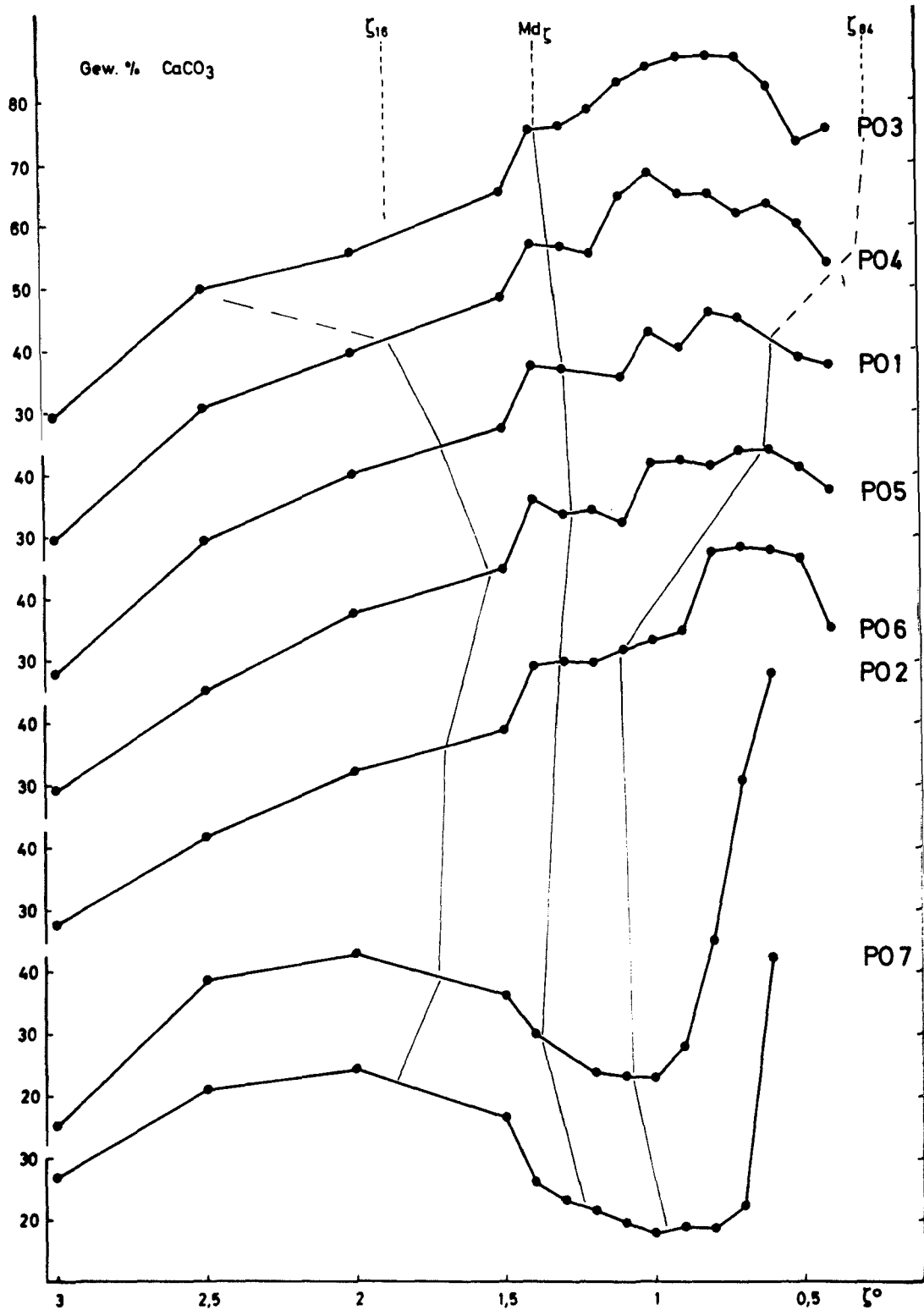


Abb. 19 Karbonatgehalte der Einzelfractionen der Proben im Profil IV. Die Proben sind mit abnehmender Küstenentfernung übereinander aufgetragen. Jeder Punkt gibt den Karbonatgehalt des links vom Punkt liegenden Korngrößenintervalles bis zum nächsten Punkt in Prozenten an.

Fig. 19 Carbonate contents of the fractionated samples of profile I. Samples are plotted with increasing distance from coast from top to bottom. Every dot stands for the carbonate content of the fraction left of it up to the next dot.

Die Unregelmässigkeiten in der Zunahme des Karbonatgehaltes der küstennäheren Proben müssen auf die heterogene Zusammensetzung des gröberen, organogenen Sediments zurückgeführt werden. Bei mehr oder weniger kontinuierlichem Anstieg werden Maximalwerte von 85 bis 90 % Karbonatgehalt im Bereich der Korngrössen von 1,1 bis $0,6\zeta^\circ$ erreicht. Bemerkenswert ist die bei allen Proben zu beobachtende Abnahme der Karbonatmengen im Korngrössenbereich von 0,6 bis $0,5\zeta^\circ$.

Um die Karbonatgehalte der Fraktionen in Beziehung zur Korngrössenverteilung zu setzen, sind in Abb. 18 und Abb. 19 die Medianwerte $Md\zeta$ und die Perzentilwerte P_{16} und P_{84} durch dünne Linien verbunden. Zwischen P_{16} und P_{84} liegen 68 % der jeweiligen Probe. In Verbindung mit dem Medianwert erkennt man leicht, in welchen Fraktionen die Hauptmenge des Sediments konzentriert ist und wie hoch die zugehörigen Karbonatwerte liegen. Die maximalen Karbonatgehalte fallen nicht mit den Fraktionen mit den maximalen Sedimentanteilen zusammen, sondern liegen nach rechts verschoben in den gröberen Kornklassen. Deutlich erkennbar wird bei Station PO 3, dass das Karbonatminimum in Küstennähe (vgl. Abb. 17) durch die Zunahme der karbonatärmeren Feinkomponente entsteht.

Werden Karbonatgehalt und Sedimentzonierung verglichen, so fällt die grosse Übereinstimmung auf. Den Sedimentzonen 1 und 2 wären die hohen Karbonatgehalte des unmittelbaren Küstenstreifens und das Karbonatminimum bei 2 bis 3 km Küstenentfernung zuzuordnen. Die Sedimentzone 3 umfasst die hohen Karbonatgehalte im Bereich von 6 bis 20 km Küstenentfernung. Die anschliessende Sedimentzone 4, mit extrem niedrigen Karbonatwerten, wird durch das deutliche Maximum der Karbonatkurve in den Kornklassen $>1,5\zeta^\circ$ und durch das anschliessende Minimum in den Fraktionen von 1,5 bis $0,8\zeta^\circ$ gekennzeichnet.

Die Grenzziehung zwischen den Sedimentzonen 3 und 4 ist sehr deutlich zu erkennen im Profil IV zwischen Station PO 6 und PO 2 und im Profil II zwischen den Stationen A 49 und A 39. Im Profil I ist dagegen ein weiter Übergangsbereich vorhanden, der über 10 km von Station A 17 bis Station A 38 reicht.

5. Aufbau der polymodalen Kornverteilungen

Aus welchem Material und vor allem aus wieviel Einzelkollektiven setzen sich nun die Sedimente der untersuchten Proben zusammen? Zu diesem Zweck müssen die polymodalen Verteilungskurven in geeigneter Weise zerlegt werden.

In Übereinstimmung mit der Literatur wird zunächst angenommen, dass die elementaren Sedimentkomponenten logarithmischen Normalverteilungen folgen. Bei einer Darstellung in Wahrscheinlichkeitsnetz mit logarithmisch geteilter Abszisse wird eine logarithmische Normalverteilung zu einer Geraden verstreckt. Eine Kontrolle, ob wirklich ein logarithmisch normal verteiltes Teilkollektiv vorliegt, ist somit einfach durchzuführen.

Die aus mehreren lognormalen Verteilungen zusammengesetzten Summenkurven weisen nun mehr oder weniger von der Geraden abweichende "Schlangenlinien" auf. Jeder Kurvenabschnitt einer solchen "Schlangenlinie" zwischen zwei flachen Wendetangenten stellt ein lognormal verteiltes Teilkollektiv dar (WALGER 1962). Der Anteil der einzelnen Kollektive am Gesamtsediment ist durch die Differenz der Ordinatenwerte der entsprechenden Wendepunkte gegeben. Anzahl und Mengenanteil der Kollektive sind so einfach zu ermitteln. Im engeren Sinne streng gültig sind diese Kriterien jedoch nur unter der Voraussetzung, dass die Sortierungsgrade der Teilkollektive gleich sind. Da diese Voraussetzung bei den behandelten Proben nur teilweise erfüllt ist, wurde ein Grossteil der Verteilungskurven auf graphischem Wege nach der von DAEVES + BECKEL (1948) gezeigten Methode zerlegt. Sehr ausführlich beschrieben ist dieses Verfahren

bei NEUMANN (1963).

Wie schon an den Häufigkeitsverteilungen deutlich wurde, ist der Grobkornbereich grösser $1\zeta^{\circ}$ sehr unregelmässig aufgebaut und folgt insgesamt in keiner Weise einer logarithmischen Normalverteilung. Die Zusammensetzung, Organismenschalen der verschiedensten Tiergruppen und Pflanzengruppen, lässt dies auch in keiner Weise erwarten. Der Grobkornbereich grösser $1\zeta^{\circ}$ wurde daher nicht einzeln in Komponenten zerlegt, sondern er wird insgesamt als eine der Grundkomponenten des Sediments betrachtet.

Führt man die oben beschriebenen Operationen mit den entsprechenden Einschränkungen an den Summenkurven der vier Küstenprofile durch, so zeigt sich übereinstimmend ein Aufbau des Sediments aus drei Teilkollektiven. Ein viertes Kollektiv erscheint nur in den küstenfernsten Stationen und stellt die Zuzusammensetzung terrestrischen Materials aus westlicher Richtung, vom Po, dar. Die Mengenverhältnisse dieser Kollektive weisen jedoch deutliche, charakteristische Veränderungen auf. Diese sollen kurz am Profil IV (vgl. Abb. 9) erläutert werden.

Das Kollektiv 1 umfasst den Tonbereich $>2\zeta^{\circ}$. Die höchsten Gewichtsanteile liegen hier im Küstenbereich bei Station PO 3 mit etwa 20 %, fallen ab bis auf etwa 5 % bei Station PO 6 und steigen seewärts wieder auf etwa 10 % an.

Das Kollektiv 2 liegt etwa im Bereich zwischen 2 und $1\zeta^{\circ}$. In diesen Kornklassen sind die Hauptmengen des Sediments konzentriert. Eine kontinuierliche Zunahme mit steigender Küstenentfernung von ca. 50 % auf 80 bis 90 % ist kennzeichnend.

Das Kollektiv 3 umfasst den Grobkornbereich $<1\zeta^{\circ}$. Wie schon an den Häufigkeitsverteilungen deutlich wurde, ist dieser Kornbereich sehr unregelmässig aufgebaut und folgt in keiner Weise einer logarithmischen Normalverteilung. Der Mengenanteil dieses Teilkollektivs am Gesamtsediment nimmt von 30 % bei Station PO 3 zunächst langsam ab bis etwa Station PO 6 bei 15 km, um sich dann sehr schnell zu verringern. Ab 20 km Küstenentfernung werden nur noch 1 bis 3 % von der Gesamtsedimentmenge erreicht.

In etwa 20 km Küstenentfernung verbreitert sich das Kornspektrum des Kollektivs 2 scheinbar zur grösseren Seite. Dies liegt jedoch an der Überlagerung durch ein geringfügig grösseres, neues Kollektiv, dem Kollektiv 4. Sehr deutlich zu erkennen ist diese Überlagerung in den Häufigkeitsverteilungen im Übergang von den Stationen PO 6 nach PO 2 und PO 7. Eine geringe Verminderung des Kollektivs 2 unter Hinzufügen des Kollektivs 4 führt zu der zweispitzigen Verteilung von PO 2. Eine weitere mengenmässige Zunahme des neuen Kollektivs in Richtung Westen ergibt dann die Verteilung von Station PO 7.

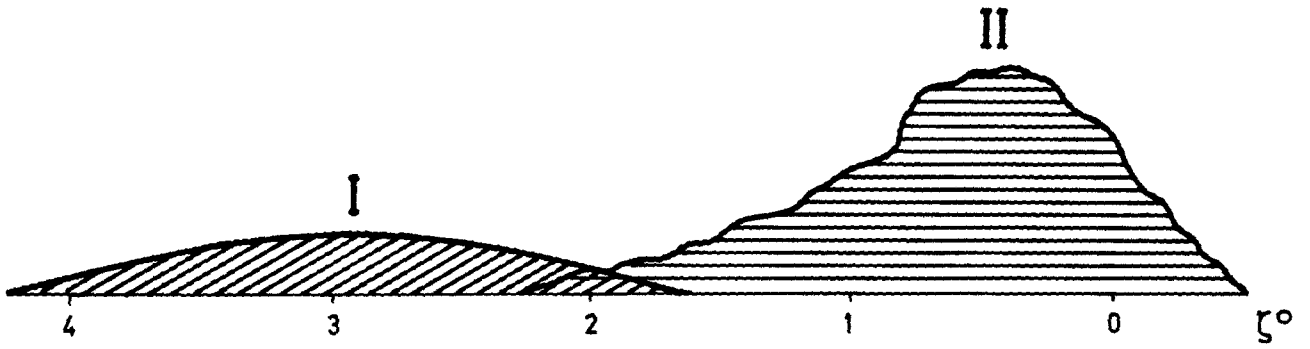
Das primäre Küstensediment besteht nur aus zwei Grundmaterialien (Abb. 20), aus denen sich die verschiedenen Sedimenttypen entwickeln.

Durch gelegentliche Niederschläge wird silikatisches Tonmaterial aus den Böden des Küstengebietes eingeschwemmt. Diese geringen Mengen und die nichtkarbonatischen Abbauprodukte der Küstenverwitterung bilden den einen Grundbestandteil des Sediments und entsprechen dem Kollektiv 1. Es stellt eine annähernd lognormale Verteilung dar. Einen nennenswerten Anteil am Gesamtsediment erreicht es je-

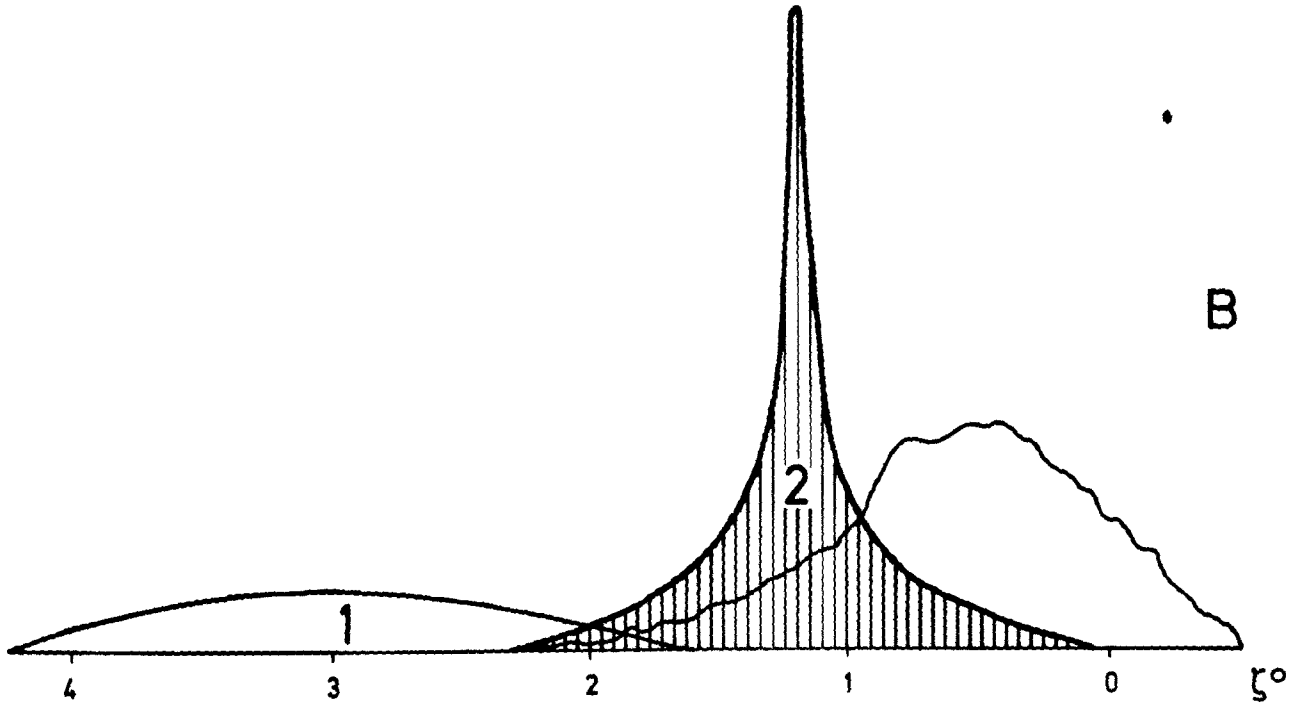
Abb. 20 Idealisiertes Schema der Sedimententwicklung aus den beiden Grundmaterialien Ton I und Organismenschalen II (A). Aus I entsteht das Kollektiv 1; schalenknackende Tiere verändern II zu 2 (B); weiterer Aufwuchs von II führt zu 3 und der endgültigen Verteilungskurve (C) mit den Teilkollektiven 1, 2 und 3

Fig. 20 Idealised model of sediment formation from two basic constituents, clay I and shells II (A). Crushing of shells by organisms leads from II to 2 (B). Additional upgrowth of shells causes an asymmetrical final grain-size distribution curve (C).

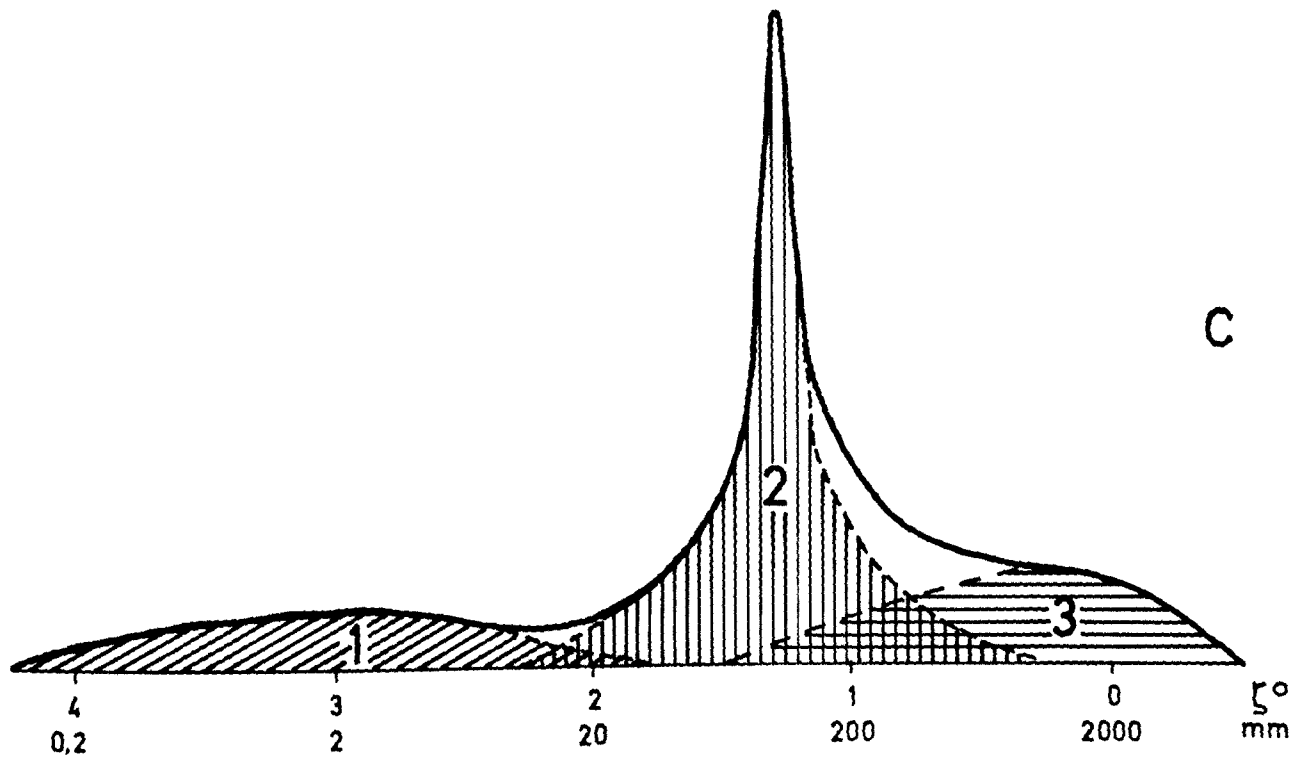
A



B



C



doch nur in Küstennähe und in geschützten Buchten.

Der andere Grundbestandteil entspricht etwa dem Kollektiv 3 der Summenkurve. Er stellt ein sehr heterogenes Gemisch aus meist kalkigen Organismenschalen und Gehäusen dar. Entsprechend der Zusammensetzung sind die Verteilungskurven sehr unregelmässig. Die Produktion kalkiger Schalen verteilt sich über das ganze Korngrössenspektrum, konzentriert sich jedoch am auffälligsten im Bereich zwischen 1 und $-1\frac{1}{2}^\circ$ (Unter organischer Produktion wird hier ganz allgemein ein Zuwachs verstanden, nicht nur der Beginn einer Nahrungskette) Aus diesem Material entwickelt sich innerhalb der obersten Zentimeter des Sediments das Kollektiv 2 der Summenkurve derart, dass räuberische Organismen und Sedimentfresser die Karbonatschalen einem Zerkleinerungsvorgang, einer Art "biologischen Mühle", unterwerfen. Schon JOHANNES WALTHER (1910) wies darauf hin, dass organogene Kalksande wesentlich durch die Tätigkeit von muschelknackenden Krebsen und Fischen mit breiten Kauzähnen entstehen.

Die schalenknackenden Organismen sind jedoch lediglich die auffälligsten Sedimentbildner. Von gleicher Wichtigkeit ist beispielsweise die Tätigkeit von bohrenden und lösenden Organismen (WETZEL, 1937), die so kräftige Schalen wie die von *Glycimeris* so durchlöchern und auflockern können, dass sie langsam von selbst zu feinem, kreidigem Grus zerfallen.

Nach der ersten Grobzerkleinerung des Schalenmaterials durch Räuber übernehmen die Sedimentfresser die weitere Zerkleinerung. Dieser Zerkleinerungsvorgang durch Anlösen und Zerreiben in Magen und Darm von Organismen ist natürlich nur eine sekundäre Erscheinung, die bei der Nahrungssuche anfällt. Je öfter dieser Vorgang jedoch wiederholt wird, um so feiner ist das zu erwartende Sediment. Als Endprodukt wird eine lognormale Verteilung erreicht, deren Gipfelwerte zwischen $1,5$ und $1\frac{1}{2}^\circ$ liegen.

Es bildet sich auf diese Weise ein dynamisches Gleichgewicht zwischen den Kollektiven 2 und 3 heraus. Ein ständiges Nachwachsen der Organismen hält diesen Mechanismus in Gang und ist die Ursache für die Asymmetrie der Verteilungskurven im Grobkornbereich. Je mehr die Produktion die Zerstörung überwiegt, um so gröber wird das Sediment. Umgekehrt bedeutet ein Nachlassen des Aufwuchses eine Verschiebung des Gleichgewichtes zur Ausbildung eines immer feinkörnigeren Sediments. Im idealen Falle entsteht eine eingipfelige Verteilungskurve mit einer starken Asymmetrie im Grobkornbereich.

Diese Abhängigkeit der Sedimentation von der organischen Produktion in qualitativer und quantitativer Hinsicht führt zwangsläufig zu einer engen Parallelität der Sedimentzonen mit den ökologischen Bereichen.

Quantitative Untersuchungen des Benthos der nördlichen Adria wurden in den Jahren 1932 bis 1934 von VATOVA (1934 a+b, 1935, 1936) durchgeführt. In Einzelheiten genügen seine Angaben den heutigen Erkenntnissen zum Teil nicht mehr, doch bilden sie eine ausreichende Grundlage für einen abschätzenden Vergleich zwischen Sediment und organischer Besiedlung.

VATOVA unterscheidet verschiedene, nach charakteristischen Leitformen benannte, Biocönosen. Seine Biocönose 'Schizaster-chiajei', benannt nach *Schizaster canaliciferus* LAM. und *Amphiura chiajei* FORB., erstreckt sich über den Küstenraum bis etwa 6 km Küstenentfernung. Sie deckt sich dabei genau mit den Sedimentzonen 1 und 2. Das Gewicht der organischen Substanz beträgt ca. $230 \frac{g}{m^2}$. Davon entfallen 100 g, also etwa die Hälfte auf die Epifauna.

Weiter seewärts schliesst sich an das Gebiet der Biocönose 'Tellina', benannt nach der Leitform *Tellina distorta* POLI. Dieser Bereich erstreckt sich bis etwa 20 km auf die offene See hinaus. Die Übereinstimmung mit der Sedimentzone 3 ist fast vollständig. Hier beträgt das Gewicht der organischen Sub-

stanz nur ca. 30 g/m², wovon nur 6 g, ungefähr 20 %, der Epifauna angehören.

Im weiteren Bereich, bei mehr als 20 km Küstenentfernung, mit der Sedimentzone 4 übereinstimmend, findet sich wiederum die Biocönose 'Schizaster chiajei'. Die Epifauna erreicht jedoch nur noch etwa 30 % Anteil an der Gesamtmenge der organischen Substanz von nur noch ca. 60 g/m².

Biocönose	Schizaster chiajei	Tellina	Schizaster chiajei
Küstenentfernung	0 - 6 km	6 - 20 km	20 km
Sedimentzone	1 und 2	3	4
Bodenkonsistenz	weich	hart (sekund.) Hartböden	weich
organ. Gesamtgewicht	230 g	30 g	60 g
Anteil der Epifauna	100 g	6 g	20 g
Gesamtafauna / Epifauna	2 : 1	5 : 1	3 : 1

Tabelle 2 Vergleich zwischen Sedimentzonierung und ökologischer Zonierung

Aus diesen Verhältnissen lassen sich einige deutliche Schlussfolgerungen ziehen:

1. Sedimentzonen, Bodenkonsistenz und Biocönosen im Sinne VATOVA's zeigen eine auffallende Parallelität, deren Ursache in der engen Wechselwirkung von Bodenbeschaffenheit und Besiedlung zu suchen ist.
2. Die organische Gesamtproduktion nimmt mit steigender Küstenentfernung zunächst stark ab und später wieder geringfügig zu.
3. Der Anteil der Epifauna nimmt ebenso mit der Küstenentfernung ab, später wieder zu, zeigt jedoch in der Sedimentzone 3 auf den 'sekundären Hartböden' ein extremes Produktionsminimum.

Die Hauptmenge des fossilisierbaren Materials wird von den Epibenthonten erzeugt. Es handelt sich dabei vornehmlich um die hartschaligen Formen wie Gastropoden, Echinodermen und Crustaceen. In Küstennähe und an tieferen Stellen auf 'sekundären Hartböden' spielen Bryozoen und Algen eine hervorragende Rolle. Eine Verminderung der Epibenthos führt demnach automatisch zu einer verringerten Sedimentproduktion. Da mit steigender Küstenentfernung der Anteil des Epibenthos am organischen Gesamtgewicht abnimmt, die Gesamtproduktion von organischem Material ebenfalls nur noch sehr gering ist, führt dies zu einer sehr raschen Abnahme der Sedimentbildung.

Im Übergangsbereich von Sedimentzone 3 nach 4, bei etwa 20 km Küstenentfernung, ist die Produktion so gering geworden, dass sich nahezu symmetrische Verteilungskurven ausgebildet haben. Das Gleichgewicht zwischen Produktion und Abbau ist in diesem Bereich sehr weit zum Abbau verschoben.

In der Sedimentzone 4 erfolgt wieder eine geringfügige Zunahme der organischen Produktion ohne jedoch Werte wie in Küstennähe zu erreichen. Das Gleichgewicht ist immer noch zur Seite des Abbaus hin verschoben. In diesem Gebiet tritt eine zusätzliche Komplizierung auf, da sich hier ein Verdünnungseffekt durch die Einschüttung nichtkarbonatischen Materials aus westlicher Richtung bemerkbar macht.

6. Beschreibung der Kernprofile

Der lateralen Zonierung des Untersuchungsgebietes nach Sediment, Karbonatgehalt und Fauna ist eine vertikale Gliederung hinzuzufügen. Schon bei der Probennahme und der sofort anschliessenden Beschreibung der Fallotkerne wurde bei fast allen Kernen eine "inverse Gradierung" festgestellt. Das grösste Kornmaterial war meist auf die obersten zwei bis fünf Zentimeter konzentriert. Die Korngrösse nahm nach dieser makroskopischen Ansprache kontinuierlich nach unten ab. Als "Normalprofil" gilt in dem untersuchten Sedimentationsraum demnach grob = oben, fein = unten.

Die Färbung des Sediments ist im oberen Bereich hellbraun-gelblich bis bräunlich und sehr homogen. Mit zunehmender Tiefe erfolgt ein Übergang zu gleichmässig grauer Färbung. Im tiefsten Teil der Kerne wird das Sediment schlierig wolkig mittelgrau. Diese vertikale Farbzonierung schiebt sich mit steigender Küstenentfernung stark zusammen, so dass die schlierige Zone teilweise schon bei 15 cm Sedimenttiefe erreicht wird.

Es wurden daraufhin ein Fallotkern von der Station A 18 des Profil I von 49 cm Länge und ein Kastenlotkern von der Station PO 1 des Profil IV von 100 cm Länge auf ihre Kornverteilungen und Karbonatgehalte untersucht. Beide Stationen liegen innerhalb der Sedimentzone 3.

Der Fallotkern wurde für die Untersuchung in 5 cm lange Abschnitte geteilt, die wegen der geringen Kernabmessungen vollständig verarbeitet wurden. Eine entsprechende Sedimentmenge wurde in gleicher Weise dem Kastenlotkern entnommen. Jede Einzelprobe stellt somit das Durchschnittssediment einer 5 cm dicken Sedimentlage dar.

Der Aufbau des Fallotkernes von Station A 18 hatte zur Zeit der Probennahme folgendes Aussehen:

Auf der Oberfläche befanden sich kleine Muschelschalen und Pflanzenmaterial.

0 - 3 mm	Schlick, gelblich-grau
3 - 20 mm	Grobsand mit Feinmaterial, leicht gelblich-grau, gesprenkelt, Übergang fliessend
20 - 110 mm	Grobsand bis Feinsand, mittelgrau, leicht gelblich gesprenkelt
110 - 360 mm	Feinsand mit Schlick, mittelgrau, nach unten etwas heller werdend und dann leicht gelblich, Grenze diffus
360 - 490 mm	Schlick, diffus wolkig, hellgelblich-grau und hellgrau mit dunklen Schlieren

Der Kastenlotkern von Station PO 1 war im Herbst 1966 gewonnen worden und lagerte bis zu seiner Öffnung etwa eineinhalb Jahre. Die Farbveränderungen der Aussenflächen liessen deshalb keine dem Frischsediment entsprechende Farbbeschreibung zu. Die grösseren Abmessungen dieses Kernes von 15 x 15 x 100 cm liessen jedoch die Sedimentstruktur deutlicher erkennen, als dies bei einem Fallotkern möglich ist. Die oberflächlichen 5 cm waren gleichmässig grob sandig mit nur wenigen ganzen, grösseren Schalen. Der folgende Bereich von 15 bis 20 cm wurde aus dicht gepackten Schalen von Arca, Pecten, Cerithium, Murex-Spindeln und vor allem von Austern aufgebaut. Von 20 bis 50 cm bestand das Sediment aus einem gleichmässig feiner werdenden organischen Detritussand. Schichtungs- und Wühlstrukturen waren nicht zu erkennen. Der Bereich zwischen 50 und 100 cm war dunkel fleckig mit zahlreichen Wühlgängen, horizontal und vertikal, durchsetzt, von denen einige bis zu 10 mm Durchmesser erreichten. Das Material in den Gängen erschien dunkler, gröber und von einheitlicherer Korngrösse zu sein. Die Grundmasse des Sediments war hell- bis dunkelgrau und schlierig. Bräunlich-schwarze Flecken, allgemein kleiner als 1 mm², waren im unteren Kernteil sehr zahlreich. Schalenmaterial war sehr selten, jedoch wenn vorhanden, dann meist doppelklappig.

Die Unterschiede in den beiden Kernen scheinen auf den ersten Blick sehr gross zu sein. Wirklich ver-

schieden sind jedoch nur die Schalenanreicherungen bis 20 cm Sedimenttiefe. Lässt man diese 20 cm als lokale Besonderheit ("sekundärer Hartboden") unberücksichtigt, so können beide Abfolgen durchaus miteinander verglichen werden. Auf eine mögliche Verschiebung der Farbzonierungen im Kern wurde schon hingewiesen.

Die Proben des Fallotkernes von Station A 18 wurden von der Oberfläche bis zur Basis von 1 bis 10 durchnummeriert. Die Kornverteilungen sind in Abb. 21 in Form der Summenkurven dargestellt.

Probe 1, die Oberfläche, hat wie zu erwarten den grössten Grobkornanteil. Der Vorgang der Kornzerkleinerung durch Organismen wird demonstriert im Bereich der Proben 2 bis 6, entsprechend 10 bis 30 cm Sedimenttiefe. Die Grobkomponente nimmt gleichmässig ab, während in gleichem Masse sich die Summenkurve im Bereich zwischen 1,1 und 0,9 ϕ deutlich versteilt, was einer Vermehrung des Anteils der betreffenden Fraktionen entspricht. In den feineren Fraktionen bleiben die Mengenverhältnisse dagegen annähernd konstant.

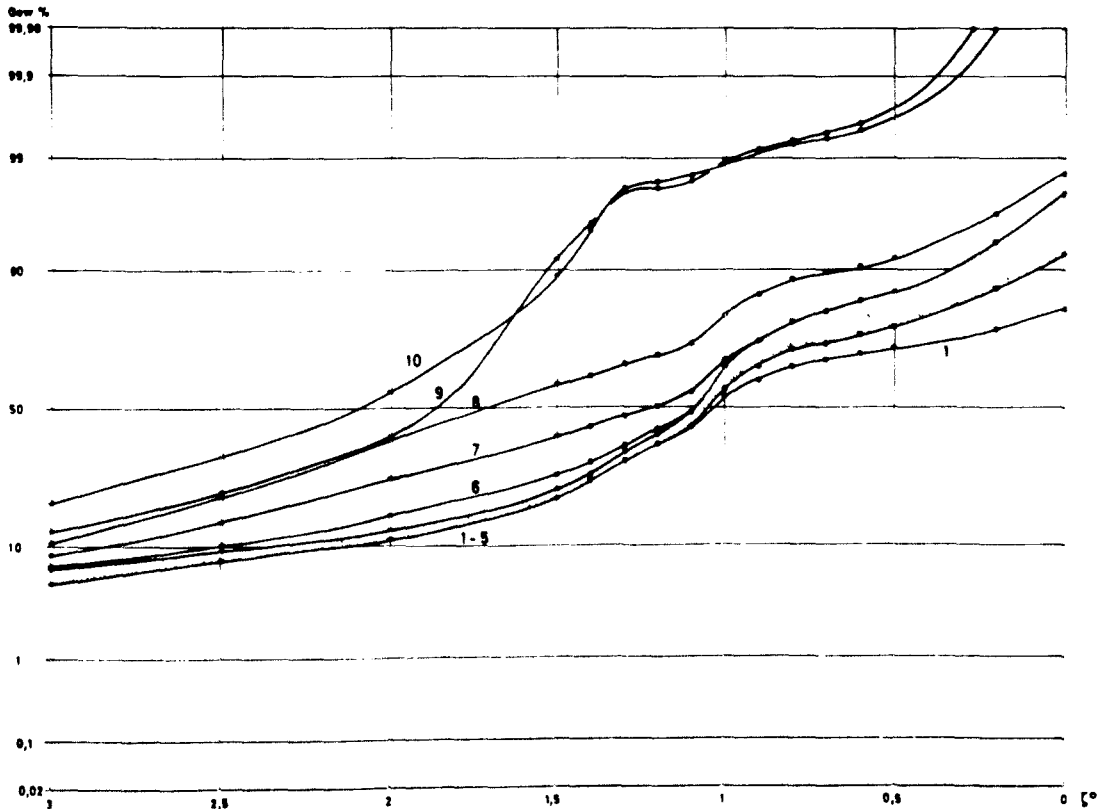


Abb. 21 Summenkurven der Kornverteilungen in Fallotkern A 18. Die Proben sind im Abstand von jeweils 5 cm entnommen. Probe 1 entspricht der Sedimentoberfläche.

Fig. 21 Cumulative grain-size distribution curves of core A 18. Samples are taken at any 5 cm. Sample 1 accords with the sedimentsurface.

Ab Probe 6, in einer Sedimenttiefe von 30 cm, löst sich im Feinkornbereich die Summenkurve von den Verteilungen 1 bis 5 ab in Richtung auf höhere Anteilswerte. Verstärkt sichtbar wird dieser Vorgang in Probe 7, wo schon der Mittelkornbereich erfasst wird. Dieses Ablösen der Kurven entspricht einer zunehmenden Kornverkleinerung des Sediments. In 40 cm Sedimenttiefe, mit Probe 8, wird auch der Grobkornbereich von diesem Vorgang erfasst und zunehmend reduziert. Der Mechanismus verläuft nun so

rasch, dass in 40 cm Tiefe bei Probe 10 mehr als 90 % des Gesamtsediments zur Feinkomponente $>1,5\zeta^\circ$ zählen. Aus dem oberflächlichen Kalksand mit $Md\zeta = 1,02$ ist ein toniger Silt mit $Md\zeta = 2,08$ geworden. Die mittlere Korngrösse hat um mehr als eine Zehnerpotenz abgenommen.

Die Proben des Kastenlotkernes von Station PO 1 wurden im Gegensatz zu Kern A 18 von unten nach oben von 1 bis 20 durchnummeriert. Die Kornverteilungen sind in Abb. 22 dargestellt.

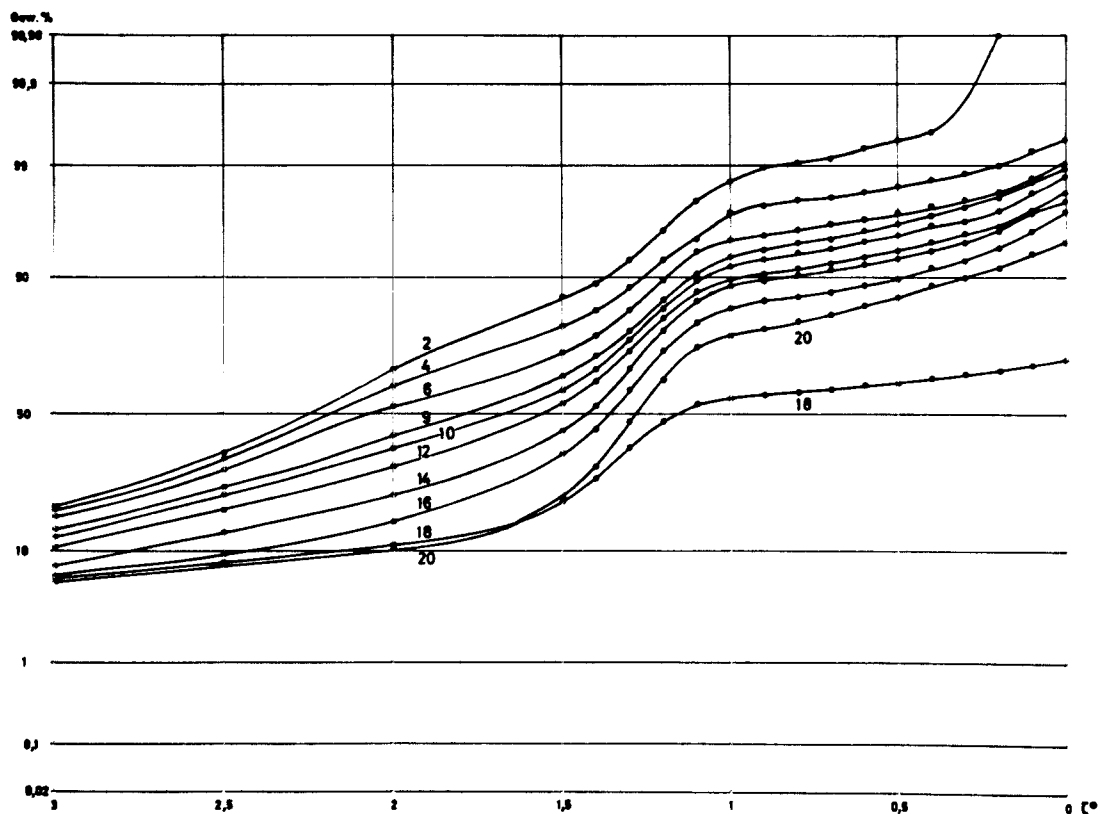


Abb. 22 Summenkurven der Kornverteilungen in Kastenlotkern PO 1. Die Proben sind jeweils im Abstand von 5 cm entnommen. Probe 20 entspricht der Oberfläche.

Fig. 22 Cumulative grain-size distribution curves of core PO 1. Samples are taken at any 5 cm. Sample 20 accords with the sedimentsurface.

Wie schon bei der makroskopischen Beschreibung zu erkennen war, befindet sich bei diesem Kern das grösste Material nicht an der Oberfläche. Das Grobkorn $<1,5\zeta^\circ$ nimmt von der Oberfläche, Probe 20, bis in eine Tiefe von 15 cm, Probe 18, gleichmässig zu. Es handelt sich dabei um eine dichte Packung von zum Teil sehr grossen Schalen von Austern, Arca, Pecten und Schnecken. Das Feinmaterial $>1,5\zeta^\circ$ das in der Menge etwa dem der Oberfläche entspricht, findet sich nur als Lückenausfüllung zwischen den grossen Schalen. Im Bereich von 15 cm Tiefe bis etwa 25 cm erfolgt ein ebenso gleichmässiger Rückgang des groben Schalenmaterials zu einer Kornverteilung, die etwa der an der Oberfläche entspricht. Von dieser Tiefe an findet nun eine ganz kontinuierliche Verfeinerung des Sediments statt. Der Kornanteil $<1,5\zeta^\circ$ nimmt in allen Kornklassen gleichmässig anteilig der Menge ab. Gleichzeitig erfolgt eine entsprechende Zunahme der Sedimentmenge im Feinkornbereich. Diese Akkumulation von Feinmaterial wirkt sich besonders im Siltbereich zwischen $2,5$ und $1,5\zeta^\circ$ aus. Der Anteil dieser Fraktion steigt von 14 % an der Oberfläche auf 49 % an der Kernbasis in 100 cm Sedimenttiefe. Die Abnahme des mitt-

leren Korndurchmessers $Md\zeta$ von $1,28\zeta^{\circ}$ an der Oberfläche auf $2,25\zeta^{\circ}$ in 100 cm Tiefe entspricht, abgesehen von der Sedimenttiefe, im Intervall mit etwa einer Zehnerpotenz annähernd den Werten des Fallotkernes A 18.

Auffällig ist im Kern A 18 die rasche Kornverfeinerung im Bereich zwischen 35 und 50 cm Tiefe. Demgegenüber steht eine ganz kontinuierliche Abnahme der Korngrößen im Kern PO 1 zwischen 40 und 100 cm. Eine raschere Verfeinerung scheint sich hier im untersten Kernbereich in den Proben 6 bis 2, entsprechend 70 bis 100 cm Sedimenttiefe, anzudeuten.

Wie lassen sich nun aber die Unterschiede in den beiden Kernen erklären? Wie schon ausgeführt, ist der Grad der primären Kornzerkleinerung in den obersten Sedimentschichten von der Menge der organischen Produktion und der Tätigkeit zerkleinernder Organismen abhängig. Beide stehen wiederum in einem sehr empfindlichen Gleichgewicht mit den ökologischen Bedingungen, die ihrerseits wieder zum Teil von den hydrographischen Verhältnissen abhängen. Man hat es also mit einem sehr komplexen und sehr empfindlichen Gleichgewichtssystem zu tun. Geringe Änderungen eines Faktors können auf die Fauna und damit letztlich auf das Verhältnis der organischen Produktion zum Abbau bedeutende Auswirkungen haben. Eine weitere Abhängigkeit der Sedimentation ist durch die Wechselwirkung Substrat und Besiedlung gegeben, die besonders für sessile Formen einen begrenzenden Faktor darstellt.

Betrachtet man unter diesen Gesichtspunkten die obersten 30 cm im Kern PO 1, so ergibt sich, dass nach einer Verbesserung der ökologischen Verhältnisse mit entsprechender Zunahme der Schalenproduktion die Zerkleinerung mit der Produktion nicht mehr schritthalten konnte. Es bildete sich ein immer größeres Sediment. Eine Verbesserung der örtlichen ökologischen Verhältnisse ist schon allein durch eine geringfügige Verfestigung des Substrates zu erreichen. Parallel mit der Vergrößerung verläuft eine Verfestigung des Sediments, die soweit führte, dass fixosessile Benthonten wie *Ostrea* und *Arca* sich ansiedeln konnten. Eine solche Bodenverfestigung ist nur lokal, fleckhaft, aber durchaus häufig.

Übereinstimmend beginnt in vergleichbarer Tiefe (35 cm bei A 18 und 50 cm bei PO 1) bei beiden Kernen eine Kornverfeinerung auch im Feinkornbereich. Der Medianwert sinkt rasch um etwa eine Zehnerpotenz. Aus dem anfänglichen Feinsand wird ein Silt.

Auf der Suche nach einer Erklärung bietet sich zunächst eine historische Deutung an, das heisst, die Kornverfeinerung ist einer Änderung der heutigen Sedimentationsverhältnisse zuzuordnen. Im Gegensatz zur heutigen autochthonen Sedimentbildung erfolgte eine detritische Sedimentanlieferung aus einem oder mehreren der eingangs erwähnten potentiellen Sedimentliefergebieten, aus dem direkten Hinterland, aus dem Einzugsgebiet von Isonzo, Tagliamento und Piave oder aus dem Flusssystem von Po, Adige und Brenta.

Ein solcher Wechsel der Sedimentationsverhältnisse ist jedoch abhängig von einer Änderung der hydrographischen Bedingungen, die ihrerseits wiederum von mehr oder weniger starken Klimaänderungen gesteuert werden. Eine Rekonstruktion dieser komplexen Vorgänge ist nur sehr schwer durchzuführen. Grundsätzlich müsste sich jedoch eine Zufuhr von Fremdsediment in einer Veränderung der mineralischen Zusammensetzung bemerkbar machen.

Der Einfluss der westlichen Alpenflüsse Po, Adige und Brenta mit ihren detritischen Sedimenten auf die karbonatische Sedimentbildung im Untersuchungsgebiet ist, wie in der Sedimentzone 4 deutlich sichtbar wird, vor allem durch eine sehr rasche Abnahme des Karbonatgehaltes bis auf Werte um 30 % CaCO_3 erkennbar. Eine Untersuchung der beiden Kerne A 18 und PO 1 ergab nun für die einzelnen Proben Gesamtkarbonatwerte von 76,5 % bis 67,2 % bei Kern A 18 und von 75,5 % bis 64,8 % bei Kern PO 1 bei gleichmässiger Abnahme mit zunehmender Tiefe. Es handelt sich also nur um sehr geringe Unter-

schiede innerhalb der untersuchten Sedimentsäule.

Dieser insgesamt hohe Karbonatgehalt zeigt deutlich, dass eine Ableitung der Sedimente des istrischen Küstenraumes von den Alpenflüssen aus nordwestlicher Richtung nicht möglich ist.

Im Gegensatz zu Po, Adige und Brenta führen Isonzo, Tagliamento und Piave Detritus von vorwiegend karbonatischer Zusammensetzung (BRAMBATI 1969). Unter rezenten Bedingungen werden diese Einschüttungen küstenparallel in ost-westlicher Richtung verteilt (BRAMBATI + VENZO 1967). Unter der Annahme einer veränderten Hydrographie mit einer Nord-Süd-Strömung vor der istrischen Küste könnten diese Sedimente in historischer Zeit im istrischen Küstenraum zur Ablagerung gelangt sein. Eine Umkehr der heutigen Strömungsverhältnisse würde jedoch gleichzeitig eine Verstärkung des Einflusses der karbonatarmen Po-Sedimente auf die Sedimentation im nördlichen und östlichen Bereich der Nord-Adria bewirken. Eine Veränderung in der mineralischen Zusammensetzung (höherer Quarz- und Feldspatanteil) müsste sich auch unter diesen Verhältnissen erkennen lassen. Eine solche Änderung ist mit den angewandten qualitativen Untersuchungsmethoden ohne Berücksichtigung der Schwerminerale in beiden untersuchten Kernen nicht zu erkennen.

Eine Anlieferung des feinkörnigeren Sedimentmaterials aus dem Kalk- und Flyschgebieten des direkten Hinterlandes müsste sich durch eine kräftige Zunahme des Quarzanteiles bemerkbar machen. Dieses ist nicht zu erkennen. Ausserdem weist die mächtige Schlammschicht im Limski-Kanal, einem ertrunkenen Flusstal, bei Station LIM 5 von mehr als 200 cm mit einer ^{14}C -Datierung auf 3850 ± 155 Jahre an einer Auster aus 180 cm Sedimenttiefe darauf hin, dass die Flüsse aus dem Hinterland schon lange Zeit nicht mehr aktiv zur Sedimentation im Vorküstenbereich beigetragen haben.

Setzt man nun voraus, dass die heutige autochthone Sedimentbildung in gleicher Art und Weise für die ganze untersuchte Sedimentsäule zu gelten hat, so muss ein im Sediment wirkender, natürlicher Vorgang die Ursache für diese Kornverkleinerung sein.

Die beschriebene Schalenzerkleinerung durch Organismen führt im Gleichgewicht mit der Produktion zu Kornverteilungen wie sie die Proben A 18 2 bis 5 zeigen. Das Maximum der Korngrössen liegt beim Mittelkorn zwischen 1,5 und $1\frac{1}{2}^\circ$. Eine weitere Zerkleinerung auf organischem Wege erfolgt nur, wenn das Gleichgewicht durch ein Nachlassen des Aufwuchses gestört wird. Eine Erklärung für die weitere Kornverfeinerung zu einem Silt dürfte in fröhdiagenetischen Lösungsvorgängen zu suchen sein.

Der Ablauf der fröhdiagenetischen Vorgänge wird sehr weitgehend durch das rH-Milieu im Sediment bestimmt. Im Bodenwasser und in den obersten Sedimentschichten herrschen schwach oxydierende Bedingungen. Es folgt eine indifferent neutrale Zone, die in unseren Kernen etwa der bräunlichen Zone entspricht. In etwas tieferen Bereichen entwickeln sich reduzierende Bedingungen in deren Gefolge viele Minerale in Lösung gehen können. Diese Voraussetzungen wären in den untersuchten Kernen etwa in einem Bereich von 30 bis 50 cm Tiefe zu suchen. Der genaue chemische Ablauf dieser Prozesse ist noch weitgehend unbekannt. Auf eine Lösung der Kieselorganismen im fröhdiagenetischen Stadium weist die Tatsache hin, dass die Si-Konzentration im Porenwasser, abhängig vom pH-Wert, mit der Sedimenttiefe unregelmässig bis auf ein Vielfaches der Bodenwasserkonzentration ansteigen kann (EMERY + RITTENBERG 1952). Damit könnte zusammenhängen, dass der Anteil von kieseligen Organismen wie Diatomeen und Schwammnadeln mit zunehmender Kerntiefe immer geringer wird.

Die Auflösung von karbonatischen Schalen in karbonatarmen Sedimenten wurde in jüngerer Zeit wiederholt beschrieben (WITTIG 1940; ROTTGARDT 1952; RESIG 1964) und wird auf die Ca-Untersättigung des Porenwassers zurückgeführt.

Ein wesentlich komplizierterer Zusammenhang zwischen Auflösung und Ausfällung von Karbonat dürfte in karbonatischen Sedimenten vorliegen. Welche Rolle im einzelnen dabei den Bakterien zukommt, ist noch weitgehend unbekannt. Je nach Zusammensetzung des organischen Materials im Sediment kann es im Ergebnis zu einer pH-Erhöhung oder -Erniedrigung im Porenwasser kommen, die sich in dem starken Puffersystem, wie es das Karbonatsystem darstellt, nur sehr langsam einstellt (CHILLINGAR et al. 1967).

Eine Kornverkleinerung durch Lösung wird einmal durch ein Anlösen von grösseren Partikeln, zum anderen jedoch auch durch Ausfällung des gelösten Karbonats unter leicht geänderten Bedingungen in Erscheinung treten.

In seinem zeitlichen Ablauf ist der Vorgang der Kornverkleinerung abhängig von der primären Kornverkleinerung durch Organismen. Diese wird bei hoher Produktion von Schalenmaterial nicht mehr so intensiv durchgeführt. Die daraus resultierende allgemeine Kornvergrößerung des Sediments verlängert gleichzeitig den Zeitraum, den die Lösungsvorgänge benötigen, um ein grösseres Korngemisch in ein der Basis des Kern A 18 entsprechendes, feines Korngemisch zu überführen. Die Ablösung der Verteilungskurve im Grobkornbereich erfolgt bei Kern PO 1 aus diesem Grunde entsprechend später als bei Kern A 18. In der höheren Sedimentationsrate wäre demnach im wesentlichen die Ursache zu suchen, dass trotz grösserer Sedimenttiefe die Kornverfeinerung im Kern PO 1 nicht so weit fortgeschritten ist, wie im Kern A 18.

Eine Untersuchung des Karbonatgehaltes der Einzelfractionen der Proben in den Kernen A 18 und PO 1 (Abb. 23 und 24) zeigt auffällig die zunehmende Homogenisierung in der Verteilung des Karbonatgehaltes über die einzelnen Fractionen einer Probe mit anwachsender Tiefe. Schwankt der Karbonatgehalt der Fractionen in den Oberflächenproben noch zwischen 30 % und 90 %, so bewegt er sich an der Basis der Kerne nur noch zwischen 50 % und 70 %. Dieses ist einmal in der Abnahme der Grobkornkomponente, die in allen Proben die höchsten Karbonatwerte erreicht, mit zunehmender Tiefe begründet. Wesentlicher ist jedoch die Zunahme des Karbonatgehaltes der Fraction 3 von 33 % an der Oberfläche bis auf 50 % an der Kernbasis, der der Fraction 3 bis 2,5 im gleichen Abschnitt von 46 % auf 70 %.

Wieweit diese Zunahme des Karbonatgehaltes in den feinsten Fractionen als Neubildungen oder als Restbildungen der Lösungsverfeinerung anzusehen sind, vermag bisher nicht gesagt werden. Stellten sie allein Restbildungen dar, so müsste ein erheblicher Teil des primär gebildeten organogenen Sediments nicht an der endgültigen Sedimentbildung teilnehmen. Gleichzeitig müsste eine entsprechende Anreicherung der nichtkarbonatischen, unlöslichen Komponente erfolgen.

Eine Anreicherung der nichtkarbonatischen Komponente um etwa 10 % ist, wie der sinkende Gesamtkarbonatgehalt zeigt, mit zunehmender Tiefe gegeben. Diese Zunahme der nichtkarbonatischen Komponente um 10 % würde bei einem Karbonatgehalt des Ausgangssediments von 75 % einer Verminderung durch Lösung um etwa 30 % entsprechen. Wie weit im Bereich der Tonfraction an der Zunahme des Karbonatgehaltes karbonatische Neubildungen beteiligt sind, müssten spezielle Untersuchungen zeigen. Wie überhaupt eine Bilanz der Lösungsvorgänge und Lösungsmengen hier nicht diskutiert werden kann.

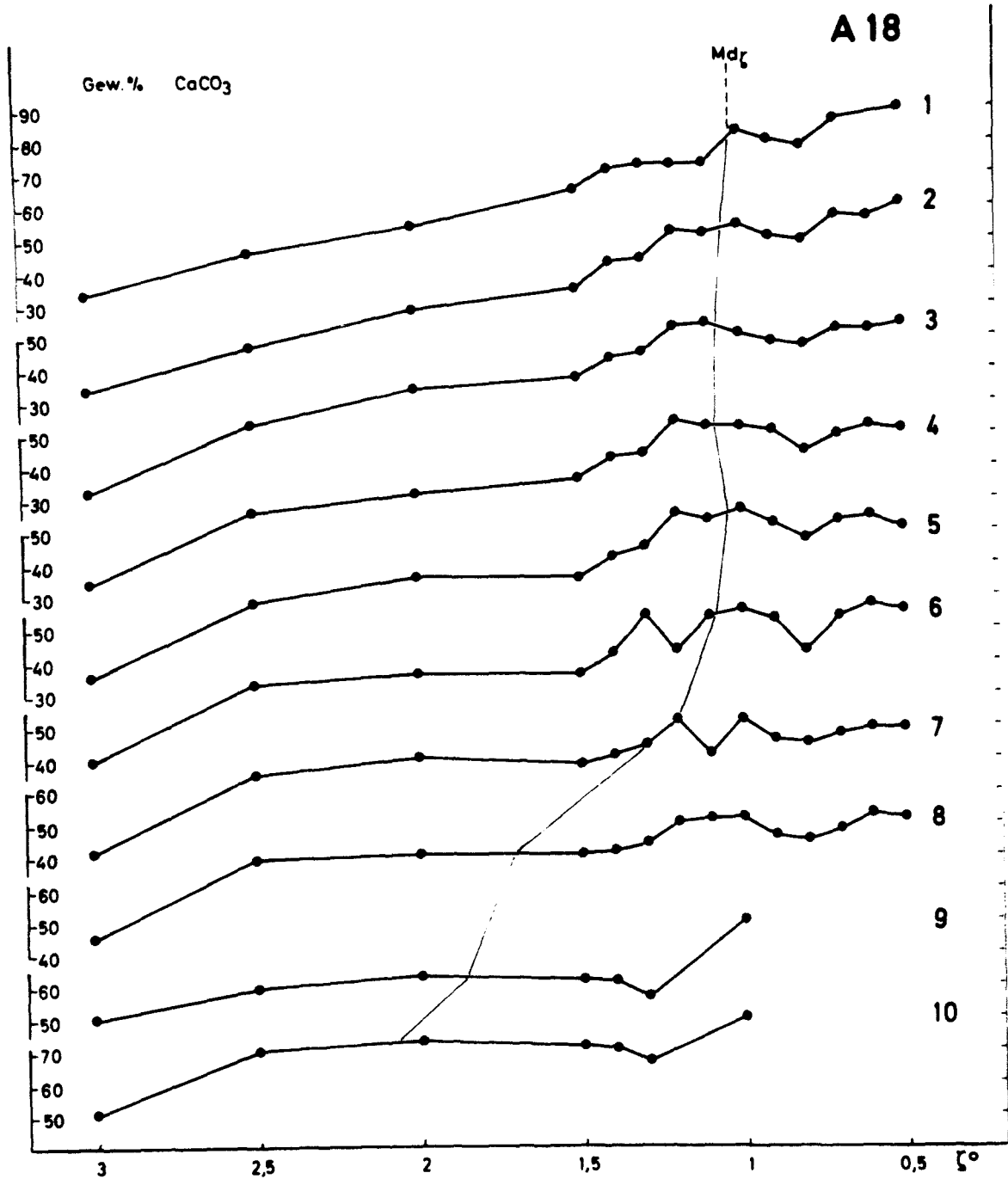


Abb. 23 Karbonatgehalte der Einzelfractionen der Proben im Fallotkern A 18. Die Proben sind mit zunehmender Kerntiefe untereinander aufgetragen. Jeder Punkt gibt den Karbonatgehalt des links vom Punkt liegenden Korngrößenintervalles bis zum nächsten Punkt in Prozenten an.

Fig. 23 Carbonate contents of the fractionated samples of core A 18. Samples are plotted with increasing depth of core from top to bottom. Every dot stands for the carbonate content of the grain-size fraction left of it up to the next dot.

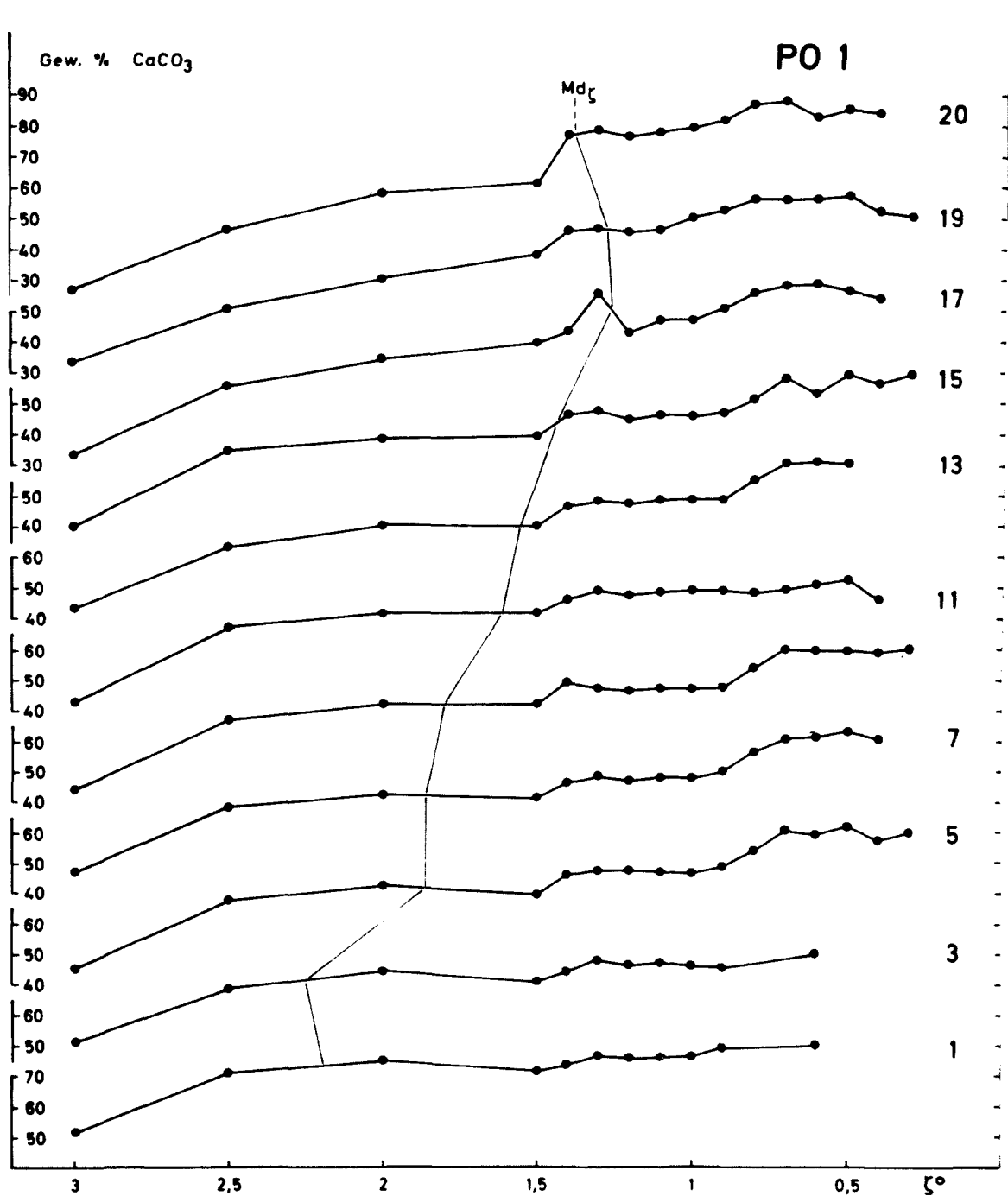


Abb. 24 Karbonatgehalte der Einzelfractionen der Proben im Kastenlotkern PO 1. Die Proben sind mit zunehmender Tiefe untereinander aufgetragen. Jeder Punkt gibt den Karbonatgehalt des links vom Punkt liegenden Korngrößenintervalles bis zum nächsten Punkt in Prozenten an.

Fig. 24 Carbonate contents of the fractionated samples of core PO 1. Samples are plotted with increasing depth of core from top to bottom. Every dot stands for the carbonate content of the grain-size fraction left of it up to the next dot.

III. DIE BUCHTEN

Die Abhängigkeit der Fauna von den ökologischen Faktoren, von der Exposition gegenüber den wirkenden Einflüssen, führt nun dahin, dass entsprechende ökologische Zonierungen wie sie im grossen auf dem offenen Meer bestehen, in ähnlicher Weise in kleineren Einheiten in den Buchten der Küste entstehen. Buchten verschiedener Exposition können daher als Modellfälle betrachtet werden. Die im offenen Meer sehr weitläufigen ökologischen und sedimentologischen Einheiten werden durch eine Art "telescoping" auf kleinere, besser überschaubare Areale zusammengedrückt. H. SCHMIDT, (1935) wies als einer der ersten ausdrücklich auf diese Gesichtspunkte hin. Er berücksichtigte dabei besonders die Schlammböden, für die er eine Obergrenze der Wassertiefe angab, die mit zunehmender Küstennähe ansteigt, was einer zunehmenden Schutzwirkung der Küstenzone zuzuschreiben ist.

Zu Vergleichen wurden daher fünf Buchten verschiedener Exposition mit in die Untersuchungen einbezogen. In Abb. 25 sind diese Buchten mit den Stationsverteilungen dargestellt. Die Sedimentverteilungen sind den Tabellen des Anhangs zu entnehmen.

Die Buchten als kleine Randbecken haben keine eigenen Zirkulationssysteme. Nur an wenigen Stellen können sich lokale Strömungen auswirken, wie in der Bucht von Vestar bei Station VE 13. Wind und Wellenbewegung und in geringem Masse Gezeiten und Seiches sind hier die wichtigsten Triebkräfte für die Wasserbewegung. Die Lage der Buchten zu diesen Faktoren und ihr morphologischer Rahmen sind daher von entscheidender Bedeutung.

Wie schon eingangs erwähnt, werden die höchsten Wellenenergien bei Südwest-Winden erreicht. Weniger wirksam sind Wetterlagen mit Nordwest-Winden. Die Inseln und Untiefen des Küstenraumes vermindern als Wellenbrecher die Energie des Seegangs, so dass die wirksame Wellenuntergrenze in den Buchten mit maximal 10 m, meist jedoch weit darunter, wesentlich geringere Werte erreicht als auf offener See.

Eine sehr offene Bucht in diesem Sinne ist die Bucht von Sva. Pavla. Die Exposition gegenüber der Wasserbewegung ist in dieser Bucht überall relativ gross. Folglich kann sich hier keine komplette Abfolge der Sedimentzonen ausbilden. Das andere Extrem einer weitgehend abgeschlossenen Bucht ist die Bucht von Plava Laguna, die im wesentlichen nur die Zone geringster Exposition umfasst und daher eine reine Schlammsedimentation mit ihrer charakteristischen Fauna aufweist. Als Beispiel soll daher im Folgenden die Bucht von Vestar dienen, die nicht solchen extremen Bedingungen unterliegt.

Um genauere Angaben über die Boden- und Beckenmorphologie zu erhalten, wurden einige Echographenprofile in Längs- und Querrichtung gefahren. Die Bucht ist, bei einer Breite von 600 m, deutlich asymmetrisch gebaut mit einem steilen Abfall auf der Nordseite bis auf 5,5 m Tiefe in 200 m Uferentfernung. Der Buchtboden steigt dann zur Südseite hin gleichmässig an.

Ein Längsprofil von Westen nach Osten von der Rückseite der Otok Vestar in das Buchtinnere zeigt einen gleichmässigen Abfall über groben Felsboden bis auf 5 m, verläuft über eine kleine, vom Südrand hereinreichende Schwelle, und steigt im Innern der Bucht gleichmässig langsam an.

Auffällig ist eine rund um die Bucht verlaufende Schulter im Bodenprofil, die auf der Nordseite in etwa 3 m, im Buchtinnern bei etwa 2,5 m und auf der Südseite in knapp 2 m Wassertiefe liegt. Es handelt sich dabei um die Untergrenze der wirksamen Wellenbewegung, die auf der Nordseite wegen der grösseren Exposition gegenüber den von Südwesten anlaufenden Wellen tiefer liegt, als auf der weniger exponierten Südseite und im Buchtinnern.

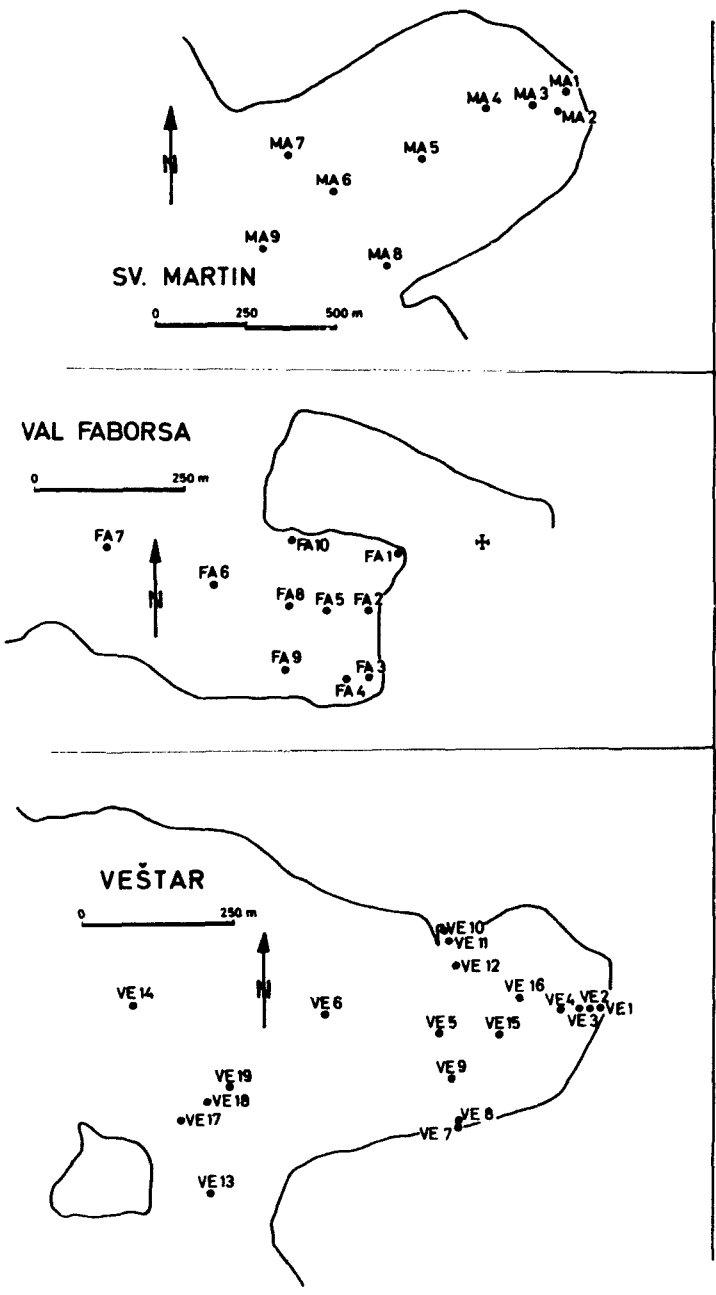
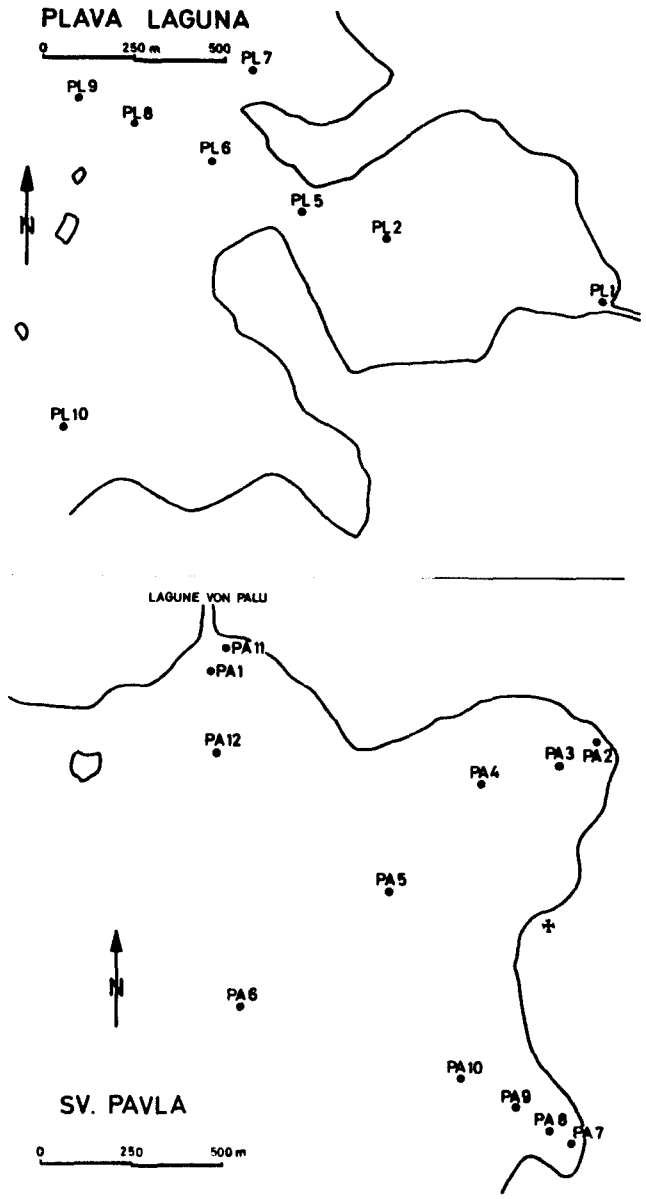


Abb. 25 Lage der Stationen in Buchten der istrischen Küste
 Fig. 25 Location of samples from coastal bays

Als Folge der Asymmetrie in der Tiefenverteilung und der unterschiedlichen Exposition entwickelt sich eine asymmetrische Verteilung der Sedimentzonen, indem sich die Zonen mit geringerer Exposition und feinerer Sedimentation zur Südseite hin verlagern. Verstärkt zeigt sich diese Asymmetrie in der Zonierung der Fauna, die der Abhängigkeit von Substrat und Exposition folgt.

Unterschiede zur Sedimentation auf offener See bestehen nur in quantitativer Hinsicht. Die direkte Landnähe verursacht einen grösseren Einfluss der terrigenen Komponente auf die Gesamtsedimentation. Deutlich wird dieser Umstand am Karbonatgehalt, der zwischen 60 % und 70 % schwankt. Nur in den Strandsanden, aus denen das Feinmaterial aussortiert ist, werden Gesamtkarbonatgehalte zwischen 80 % und 90 % erreicht.

Die grosse Landnähe und die geringen Wassertiefen bedingen eine bessere Versorgung mit Nährlösungen bzw. eine bessere Durchlichtung. Diese Besserung der allgemeinen ökologischen Verhältnisse führt nun zu einer gegenüber dem Meer stark erhöhten Produktion an organischem Material. Gleichzeitig steigt auch der organische Abbau, der jedoch mit der Produktion kaum schritthalten kann. Der erhöhte organische Umsatz bedeutet gleichzeitig eine starke Zunahme der Sedimentationsrate. Es kommt so zur Bildung eines Sediments, das sehr reich an organischen Restsubstanzen ist. Unter einer dünnen Oxydationszone an der Sedimentoberfläche folgt daher sofort eine kräftige, schwarz gefärbte, stark nach Schwefelwasserstoff stinkende Reduktionszone.

Profil I

Probennummer	A 37	A 31	A 38	A 50	A 17	A 18	A 19	A 32	A 33	A 34	A 35	A 36
Kornklasse (ζ°)												
< -0,5	-	0,5	-	-	↑	↑	↑	0,9	-	-	3,3	-
0 - -0,5	-	1,3	-	-	4,2	19,9	5,9	4,8	-	-	11,1	0,6
0,1 - 0	↑	0,5	-	↑	↑	↑	↑	2,6	↑	↑	6,3	1,4
0,2 - 0,1	↑	0,8	↑	↑	↑	5,2	↑	3,3	↑	↑	12,2	2,9
0,3 - 0,2	↑	0,7	↑	↑	↑	↑	↑	3,1	↑	↑	12,6	2,8
0,4 - 0,3	0,9	0,6	0,6	1,1		↓		2,5	1,7	2,3	10,4	2,8
0,5 - 0,4	0,3	0,8	1,1	1,3	5,3	5,7	10,9	3,6	0,2	0,3	12,2	4,3
0,6 - 0,5	0,6	0,8	1,2	1,9	↑	1,5	↑	3,1	0,2	0,3	7,9	3,4
0,7 - 0,6	2,3	1,8	2,1	4,2	↑	2,6	↑	4,3	0,5	0,5	5,9	5,0
0,8 - 0,7	2,5	1,7	1,2	2,4	11,6	2,3	14,4	2,9	0,3	0,5	1,5	3,4
0,9 - 0,8	4,5	4,1	0,9	3,1	↓	4,5	↓	3,7	0,6	1,1	0,7	4,7
1,0 - 0,9	4,8	4,7	1,6	3,1	↓	6,4	↓	5,7	1,0	1,4	0,4	5,4
1,1 - 1,0	4,9	6,0	1,9	2,9	3,3	11,6	19,0	13,5	1,3	2,5	0,5	6,9
1,2 - 1,1	8,3	10,0	3,8	3,9	1,9	↑	8,8	14,2	2,3	2,1	0,6	9,3
1,3 - 1,2	9,9	7,7	5,6	4,8	2,4	17,8	↑	6,7	2,0	4,8	0,4	6,2
1,4 - 1,3	17,8	9,7	14,5	12,9	↑	↓	21,5	5,3	3,5	8,4	0,5	6,7
1,5 - 1,4	17,4	12,3	21,3	16,5	32,5	4,3	↓	3,8	5,6	37,5	0,5	6,6
2,0 - 1,5	16,8	19,7	29,8	25,4	23,8	9,2	9,6	8,0	37,3	12,2	4,4	19,9
2,5 - 2,0	2,0	4,7	4,1	4,8	3,6	3,0	2,0	2,2	12,0		2,2	2,1
3,0 - 2,5	2,1	2,9	2,8	2,6	11,4	1,7	7,9	1,4	7,0	6,4	1,6	1,2
> 3,0	5,1	8,7	7,6	9,2	↓	6,5	↓	4,5	24,4	19,5	4,7	4,5

Profil II

Probennummer	A 39	A 49	A 27	A 45	A 22	A 43	A 25	Profil III				
Kornklasse (ζ°)	A 47	A 28	A 48	A 46	A 29							
< -0,5	0,2	-	↑	-	-	0,3	2,8	-	↑	6,5	-	↑
0 - -0,5	0,9	-	2,3	↑	7,4	4,0	6,6	↑	3,8	↑	↑	9,7
0,1 - 0	0,1	↑	↑	↑	2,4	1,5	7,6	↑	↑			↑
0,2 - 0,1	0,2	↑	3,0	↑	2,7	1,6	20,9	↑	3,6	14,4	↑	↑
0,3 - 0,2	0,1	↑	1,2	↑	2,1	1,2	19,1	↑	1,5	↑	↑	6,4
0,4 - 0,3	0,1	4,5	1,9	10,7	1,7	1,2	11,2	7,0	2,4	↓	10,4	↑
0,5 - 0,4	0,3	1,1	1,5	2,4	2,7	1,6	9,1	1,6	2,1	2,8	1,2	↓
0,6 - 0,5	0,4	1,2	1,3	1,9	2,1	1,5	3,0	1,4	1,8	2,4	1,2	↑
0,7 - 0,6	0,9	2,1	2,0	2,9	3,4	2,7	3,0	2,2	2,9	3,4	2,0	↑
0,8 - 0,7	0,9	1,4	1,5	1,6	1,9	1,5	1,2	1,3	1,9	1,6	1,3	8,4
0,9 - 0,8	3,6	3,7	3,6	2,4	2,4	2,0	1,4	1,9	2,0	2,4	2,2	↓
1,0 - 0,9	7,0	6,7	11,9	3,1	1,8	1,7	0,9	2,3	2,7	2,5	3,2	↓
1,1 - 1,0	10,7	13,7	37,9	6,9	1,9	1,6	↑	3,3	13,2	3,1	3,6	2,6

Profil II								Profil III				
Probennummer	A 39	A 49	A 27	A 45	A 22	A 43	A 25	A 47	A 28	A 48	A 46	A 29
Kornklasse (ζ°)												
1,2 - 1,1	13,5	23,7	13,8	26,5	4,4	4,0	↑	15,4	18,1	6,5	6,7	1,4
1,3 - 1,2	13,1	13,4	↑	18,1	9,1	6,5	4,3	20,5	↑	8,2	7,4	1,3
1,4 - 1,3	10,1	10,1	10,2	8,7	11,6	9,9	↓	13,9	23,9	9,1	10,0	7,1
1,5 - 1,4	11,7	6,3	1,8	4,0	8,9	9,3	↓	11,6	5,5	8,9	11,3	↓
2,0 - 1,5	17,8	7,7	2,8	5,0	16,9	24,8	3,5	11,6	8,1	15,2	22,7	30,3
2,5 - 2,0	2,6	1,3	0,8	1,5	4,3	7,0	1,2	1,7	1,7	3,4	4,8	11,1
3,0 - 2,5	1,4	0,9	0,6	1,0	3,1	4,6	1,2	1,2	1,5	2,7	3,3	21,7
>3,0	4,7	2,3	2,0	3,3	9,3	11,6	3,0	3,2	3,4	7,0	8,8	↓

Profil IV							Bucht von Vestar					
Probennummer	PO 7	PO 2	PO 6	PO 5	PO 1	PO 4	PO 3	VE 1	VE 2	VE 3	VE 4	VE 5
Kornklasse (ζ°)												
<-0,5	-	-	-	-	0,2	-	1,5	-	-	-	-	0,9
0 - -0,5	↑	-	↑	↑	3,4	5,7	5,3	-	-	-	-	5,8
0,1 - 0		↑			1,7	2,5	1,7	-	-	-	↑	1,4
0,2 - 0,1					2,6	3,3	2,5	-	-	-		2,1
0,3 - 0,2					2,2	3,2	2,4	↑	-	↑		2,0
0,4 - 0,3	2,5	1,4	3,9	10,9	1,7	2,8	2,1	0,6	0,1	0,3	2,7	2,0
0,5 - 0,4	0,2	0,2	1,2	2,3	1,9	4,3	3,1	0,3	0,1	0,1	0,2	2,9
0,6 - 0,5	0,3	0,3	1,1	2,0	1,9	2,9	2,0	0,5	0,2	0,3	0,1	2,3
0,7 - 0,6	0,8	0,7	1,8	3,0	2,7	4,3	3,1	1,2	1,1	2,7	0,2	2,6
0,8 - 0,7	2,0	0,7	1,0	1,7	1,6	2,2	1,5	0,9	2,0	5,3	0,1	2,3
0,9 - 0,8	6,3	1,9	1,3	2,3	2,0	2,7	2,0	1,4	4,3	10,4	0,1	3,5
1,0 - 0,9	7,6	4,1	1,7	2,3	3,4	2,0	1,5	2,3	6,1	13,7	0,3	2,5
1,1 - 1,0	9,7	7,1	2,9	2,3	5,0	2,0	1,7	4,8	9,3	17,3	0,8	2,4
1,2 - 1,1	17,0	12,6	10,6	8,1	7,8	3,2	2,4	9,9	17,5	23,0	1,6	2,8
1,3 - 1,2	10,7	9,6	20,1	19,8	12,2	4,6	2,3	9,2	12,8	11,7	2,6	1,9
1,4 - 1,3	7,7	12,7	19,6	17,3	16,7	11,0	4,2	12,4	14,2	8,1	5,0	2,9
1,5 - 1,4	7,3	13,3	13,3	10,5	8,6	11,9	6,2	12,3	9,6	3,1	7,3	4,3
2,0 - 1,5	14,3	25,6	14,2	11,4	13,0	17,9	24,9	40,6	19,6	3,3	61,3	40,4
2,5 - 2,0	3,4	2,7	1,9	1,5	3,0	3,4	7,8	1,0	1,2	0,1	5,5	4,5
3,0 - 2,5	2,6	2,1	1,3	1,1	2,0	2,2	4,6	0,6	0,8	0,2	2,8	2,5
>3,0	7,7	5,1	4,2	3,6	6,5	7,8	17,5	1,9	1,3	0,6	9,3	8,4

Bucht von Vestar

Probennummer	VE 6	VE 7	VE 8	VE 9	VE 10	VE 11	VE 12	VE 13	VE 14	VE 15	VE 16	VE 17
Kornklasse (ζ°)												
<-0,5	-	-	-	-	9,4	-	-	0,2	-	-	-	↑
0 - -0,5	-	-	-	↑	18,3	↑	↑	1,3	↑	↑	↑	↑
0,1 - 0	↑	-	↑	↑	6,8	↑	↑	0,6	↑	↑	↑	↑
0,2 - 0,1	↑	-	↑	↑	9,6	↑	↑	1,5	↑	↑	↑	↑
0,3 - 0,2	↑	↑	↑	↑	6,9	↑	↑	3,4	↑	↑	↑	↑
0,4 - 0,3	1,6	0,6	1,6	8,1	5,3	5,1	4,1	2,6	1,7	3,0	1,4	18,3
0,5 - 0,4	0,4	0,4	0,1	0,7	6,6	3,9	0,5	7,8	0,4	0,6	0,1	4,1
0,6 - 0,5	0,3	1,0	0,1	0,5	6,1	6,1	0,4	13,9	0,3	0,4	0,1	7,0
0,7 - 0,6	0,4	4,5	0,3	0,5	8,2	15,2	0,7	29,1	0,4	0,6	0,3	16,0
0,8 - 0,7	0,3	5,6	0,5	0,4	4,8	11,2	0,8	19,0	0,3	0,5	0,1	8,2
0,9 - 0,8	0,4	9,6	0,9	0,9	4,3	12,6	1,9	11,6	0,3	1,6	0,3	8,9
1,0 - 0,9	0,7	11,7	1,7	1,7	3,6	11,2	2,9	4,9	0,4	2,7	0,5	5,3
1,1 - 1,0	1,4	15,5	3,8	3,6	2,6	11,4	5,1	1,2	0,6	2,4	0,6	3,6
1,2 - 1,1	3,1	23,6	12,0	5,5	2,4	11,3	9,6	1,0	1,4	2,1	1,7	3,9
1,3 - 1,2	3,0	13,5	12,3	2,2	0,7	4,1	6,5	0,7	1,8	1,0	1,9	2,4
1,4 - 1,3	5,4	6,4	18,0	3,0	0,8	2,3	8,6	0,5	3,9	1,9	4,1	2,4
1,5 - 1,4	7,7	1,3	14,5	4,1	0,7	1,2	9,1	0,3	7,1	3,7	6,8	2,2
2,0 - 1,5	48,9	3,1	28,8	37,8	1,5	2,8	36,5	0,2	59,0	54,2	61,4	9,1
2,5 - 2,0	7,2	1,6	1,4	9,3	0,4	0,5	1,3	0,1	6,5	8,1	6,3	2,4
3,0 - 2,5	4,7	1,0	0,9	4,6	0,6	0,5	4,1	0,2	3,5	4,1	3,3	2,1
>3,0	14,6	0,7	3,2	17,0	0,5	0,8	8,1	0,1	12,6	13,2	11,2	4,3

Bucht von Vestar

Probennummer VE 18 VE 19
Kornklasse (ζ°)

Bucht von SV. Martin

MA 1 MA 2 MA 3 MA 4 MA 5 MA 6 MA 7 MA 8 MA 9

<-0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,1	4,1	-
0 - -0,5	↑	↑	-	-	-	-	-	-	-	5,7	11,4	-
0,1 - 0	↑	↑	-	-	-	↑	↑	↑	2,9	5,8	-	-
0,2 - 0,1	↑	↑	-	-	-	↑	↑	↑	6,4	11,8	-	-
0,3 - 0,2	↑	↑	-	-	-	↑	↑	↑	8,9	11,9	-	-
0,4 - 0,3	10,7	5,3	0,1	0,1	0,1	2,6	1,5	3,2	10,5	9,7	-	-
0,5 - 0,4	2,0	0,9	0,2	0,1	0,1	0,4	0,3	0,7	14,9	11,5	-	-
0,6 - 0,5	1,7	0,7	0,4	0,3	0,2	0,3	0,2	0,7	9,4	6,4	↑	-
0,7 - 0,6	3,2	0,9	1,9	2,8	0,8	0,6	0,5	0,9	7,0	5,3	↑	-
0,8 - 0,7	2,7	0,8	2,5	4,7	1,3	0,5	0,3	0,4	1,9	2,0	↑	-
0,9 - 0,8	5,6	1,5	4,0	12,3	3,3	1,2	0,4	0,5	1,9	1,8	↑	-
1,0 - 0,9	6,2	2,6	4,9	16,6	5,6	2,0	0,6	0,7	1,0	1,0	↑	3,1
1,1 - 1,0	7,0	3,6	7,6	18,5	10,8	2,5	0,8	0,7	1,0	1,0	↑	0,4

Bucht von Vestar			Bucht von SV. Martin								
Probennummer	VE 18	VE 19	MA 1	MA 2	MA 3	MA 4	MA 5	MA 6	MA 7	MA 8	MA 9
Kornklasse (ζ°)											
1,2 - 1,1	8,3	6,4	15,2	21,4	19,2	7,7	1,9	1,3	1,3	1,2	0,9
1,3 - 1,2	4,5	6,0	13,8	10,3	15,6	7,4	2,2	1,4	0,8	0,8	0,8
1,4 - 1,3	4,3	7,2	15,1	5,7	14,4	7,9	3,5	2,6	1,5	0,8	1,6
1,5 - 1,4	5,2	9,3	12,0	2,8	10,2	8,0	4,9	5,1	0,8	0,8	2,4
2,0 - 1,5	24,6	38,2	19,9	3,1	16,5	39,3	46,1	52,6	6,2	4,5	47,5
2,5 - 2,0	3,9	4,6	0,7	0,2	0,5	5,0	10,2	8,3	3,0	2,0	13,7
3,0 - 2,5	2,8	3,4	0,7	0,2	0,3	3,2	6,2	4,0	2,3	1,5	7,5
>3,0	7,3	8,6	1,1	0,8	1,2	10,4	20,5	17,0	7,5	4,9	22,0

Bucht von SV. Pavla

Probennummer	PA 1	PA 2	PA 3	PA 4	PA 5	PA 6	PA 7	PA 8	PA 9	PA 10	PA 11	PA 12
Kornklasse (ζ°)												
<-0,5	-	0,7	0,2	0,6	1,6	1,5	0,5	-	-	4,2	0,5	-
0 - -0,5	-	23,6	0,9	1,2	7,7	2,6	1,4	-	2,2	8,6	8,5	0,8
0,1 - 0	-	12,2	0,5	0,6	8,2	1,9	0,7	↑	2,2	7,5	3,2	0,5
0,2 - 0,1	-	15,0	1,6	1,6	17,8	4,2	1,3	↑	5,8	16,7	6,4	1,5
0,3 - 0,2	↑	13,2	3,5	3,4	17,5	5,4	2,0	↑	8,2	16,4	8,4	2,7
0,4 - 0,3	0,5	9,9	6,0	4,4	13,1	5,5	2,8	2,2	10,2	12,8	11,0	4,2
0,5 - 0,4	1,0	8,7	13,3	7,2	13,2	8,9	6,3	2,4	17,1	11,6	18,9	11,2
0,6 - 0,5	3,1	5,0	17,0	4,6	7,4	8,2	9,1	4,6	20,0	5,5	18,5	11,7
0,7 - 0,6	13,9	6,1	27,8	4,3	5,7	13,5	21,0	7,1	20,9	4,0	17,1	16,1
0,8 - 0,7	15,2	2,4	11,1	1,8	1,7	9,6	17,1	14,1	4,0	1,0	3,2	5,2
0,9 - 0,8	25,6	1,5	7,1	2,3	1,5	9,6	17,3	19,8	2,4	0,8	1,8	5,2
1,0 - 0,9	22,0	0,5	3,7	3,4	0,8	6,8	10,4	15,8	1,0	0,4	0,6	3,6
1,1 - 1,0	13,0	↑	3,1	7,0	↑	4,5	4,8	11,3	0,9	0,3	0,4	5,2
1,2 - 1,1	4,5	↑	2,4	14,9	↑	2,1	1,6	9,4	0,7	0,3	0,3	9,4
1,3 - 1,2	0,3	1,0	0,8	13,2	1,8	0,7	0,3	4,0	0,2	0,2	0,1	7,9
1,4 - 1,3	0,1	↓	0,4	12,0	↓	0,8	0,2	2,5	0,3	0,3	0,1	6,4
1,5 - 1,4	0,1	↓	0,1	6,4	↓	0,9	0,2	1,4	0,3	0,3	0,1	2,3
2,0 - 1,5	0,3	0,3	0,4	7,8	0,6	8,1	1,0	2,3	2,0	5,5	0,3	3,2
2,5 - 2,0	0,2	↓	↓	0,9	0,3	1,5	0,8	0,8	0,4	1,3	0,2	0,7
3,0 - 2,5	0,2	↓	↓	0,8	0,4	0,9	0,6	0,6	0,4	0,8	0,2	0,6
>3,0	0,2	↓	↓	1,6	0,7	2,9	0,7	1,4	0,9	1,8	0,2	1,7

Val Faborsa											Plava Laguna	
Probennummer	FA 1	FA 2	FA 3	FA 4	FA 5	FA 6	FA 7	FA 8	FA 9	FA 10	PL 1	PL 2
Kornklasse (ζ°)												
<-0,5	-	4,2	-	-	1,3	-	-	-	-	1,5	-	-
0 - -0,5	-	21,9	-	-	8,3	-	-	↑	0,3	7,2	-	-
0,1 - 0	-	8,1	-	↑	3,2	↑	-	↑	0,1	7,9	-	-
0,2 - 0,1	-	12,1	-	↑	4,6	↑	-	↑	0,3	17,0	-	-
0,3 - 0,2	-	11,5	-	↑	4,2	↑	-	↑	0,5	19,4	-	-
0,4 - 0,3	-	9,6	0,1	3,6	3,8	1,6	0,4	4,4	0,9	14,7	-	-
0,5 - 0,4	0,1	11,4	0,1	1,1	5,2	0,5	0,3	1,4	2,2	14,0	-	-
0,6 - 0,5	0,1	8,6	0,2	1,4	4,2	0,6	0,1	1,4	3,0	6,8	-	-
0,7 - 0,6	0,8	7,5	0,9	4,7	5,4	1,0	0,3	1,5	8,2	5,5	-	-
0,8 - 0,7	1,7	2,3	1,4	5,9	2,8	0,5	0,2	0,9	8,5	1,8	-	-
0,9 - 0,8	6,0	1,1	4,4	13,9	3,0	0,7	0,5	1,4	13,7	1,1	-	-
1,0 - 0,9	11,8	0,5	9,8	19,7	3,3	0,9	0,6	1,1	14,8	0,6	-	↑
1,1 - 1,0	20,7	0,3	16,0	19,6	5,2	0,9	0,8	1,7	16,4	0,5	-	↑
1,2 - 1,1	27,7	0,1	25,4	19,4	9,3	1,8	1,7	3,3	15,4	0,3	↑	
1,3 - 1,2	14,7	0,1	17,5	5,7	7,2	1,7	1,6	3,2	6,1	0,1	↑	
1,4 - 1,3	8,9	0,1	12,9	1,9	7,1	2,7	2,6	4,9	3,3	0,1	↑	
1,5 - 1,4	3,4	0,1	6,3	0,8	5,0	4,8	5,6	7,0	1,7	0,1	2,5	6,3
2,0 - 1,5	2,4	0,2	3,7	1,2	9,9	57,4	49,4	39,0	2,6	0,4	26,0	19,3
2,5 - 2,0	0,5	0,1	0,4	0,2	1,8	8,2	12,3	8,2	0,6	0,2	14,7	21,0
3,0 - 2,5	0,5	0,2	0,3	0,3	1,3	3,7	5,4	5,0	0,4	0,3	14,3	12,6
>3,0	0,9	0,1	0,5	0,6	4,1	13,1	18,6	16,1	0,9	0,4	42,5	40,8

Plava Laguna											Kern II	
Probennummer	PL 5	PL 6	PL 7	PL 8	PL 9	PL 10	PO 1 20	PO 1 19	PO 1 18	PO 1 17	PO 1 16	PO 1 15
Kornklasse (ζ°)												
<-0,5	-	-	-	-	-	5,1	1,9	8,0	21,3	12,1	-	-
0 - -0,5	↑	↑	-	4,5	↑	9,5	3,5	7,7	9,8	5,8	2,9	1,3
0,1 - 0	↑	↑	-	3,9	↑	2,4	1,4	1,6	1,5	1,5	1,4	1,0
0,2 - 0,1	↑	↑	-	8,9	↑	3,1	1,8	1,9	1,7	1,8	1,7	1,4
0,3 - 0,2	↑	↑	-	9,8	↑	2,6	1,6	1,6	1,4	1,6	1,4	1,2
0,4 - 0,3	9,5	14,2	↑	10,2	8,5	2,4	1,4	1,4	1,2	1,3	1,2	0,8
0,5 - 0,4	1,5	3,0	↑	11,3	1,1	2,4	2,2	2,0	1,6	1,7	1,6	1,2
0,6 - 0,5	1,4	2,7	↑	9,0	1,1	2,1	1,6	1,3	1,0	1,1	1,0	0,7
0,7 - 0,6	1,7	3,3	↑	9,2	1,5	2,9	2,4	1,9	1,5	1,6	1,5	1,1
0,8 - 0,7	0,8	1,6	↑	2,4	0,8	1,4	1,4	1,0	0,8	0,9	0,8	0,6
0,9 - 0,8	1,1	2,4	↑	2,0	1,0	2,0	1,9	1,5	1,2	1,3	1,4	1,0
1,0 - 0,9	1,1	2,5	4,1	1,3	0,9	1,7	2,2	1,7	1,3	1,5	1,6	1,3
1,1 - 1,0	1,2	2,6	0,9	1,0	1,1	2,5	3,3	2,7	2,1	2,5	3,1	2,9

Plava Laguna		Kern II										
Probennummer	PL 5	PL 5	PL 7	PL 8	PL 9	PL 10	PO 1 20	PO 1 19	PO 1 18	PO 1 17	PO 1 16	PO 1 15
Kornklasse (ζ°)												
1,2 - 1,1	2,1	3,5	1,5	1,2	1,8	3,7	10,7	8,2	6,5	7,5	8,7	8,4
1,3 - 1,2	1,7	1,8	1,2	0,7	1,6	3,4	15,5	12,1	9,6	11,0	13,2	12,9
1,4 - 1,3	2,3	1,9	1,8	0,7	2,4	4,3	16,1	13,1	10,4	12,3	14,4	14,0
1,5 - 1,4	3,1	1,9	3,1	0,7	4,9	5,6	9,2	7,9	6,4	7,7	9,2	9,1
2,0 - 1,5	33,8	23,6	40,8	8,5	40,0	26,0	11,6	11,8	9,9	13,3	13,3	21,1
2,5 - 2,0	12,4	9,9	13,0	3,7	9,3	4,7	2,5	3,2	2,9	4,1	6,4	8,7
3,0 - 2,5	6,3	6,7	7,5	2,8	5,5	3,1	2,0	2,5	2,0	2,7	3,1	4,5
>3,0	20,1	18,5	26,1	8,4	18,8	9,7	6,0	6,9	6,1	6,8	6,5	6,9

Kern II												
Probennummer	PO 1 14	PO 1 13	PO 1 12	PO 1 11	PO 1 10	PO 1 9	PO 1 8	PO 1 7	PO 1 6	PO 1 5	PO 1 4	PO 1 3
Kornklasse (ζ°)												
<-0,5	-	1,3	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1
0 - -0,5	1,9	3,2	1,9	1,4	1,9	-	1,0	1,1	1,0	1,3	0,5	-
0,1 - 0	1,1	1,0	0,7	0,6	0,4	↑	0,7	0,5	0,4	0,7	0,2	-
0,2 - 0,1	1,4	1,2	0,9	0,9	0,6	↑	1,2	0,6	0,5	0,9	0,3	↑
0,3 - 0,2	1,0	1,0	0,8	0,8	0,6	↑	1,1	0,5	0,4	0,7	0,3	↑
0,4 - 0,3	0,8	0,8	0,7	0,7	0,5	1,9	0,8	0,4	0,3	0,6	0,2	0,6
0,5 - 0,4	1,1	1,0	1,0	0,9	0,8	0,5	1,1	0,7	0,4	0,7	0,3	0,1
0,5 - 0,5	0,7	0,8	0,6	0,7	0,6	0,5	0,6	0,5	0,5	0,3	0,2	0,1
0,7 - 0,6	1,1	1,1	1,1	1,0	0,9	0,7	1,0	0,8	0,5	0,8	0,3	0,2
0,8 - 0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5	0,4	0,3	0,5	0,1	0,1
0,9 - 0,8	0,9	0,9	0,9	0,8	0,7	0,6	0,9	0,7	0,5	0,7	0,3	0,2
1,0 - 0,9	1,3	1,3	1,1	1,0	1,0	1,1	1,0	0,9	0,6	0,9	0,4	0,3
1,1 - 1,0	2,7	2,3	2,2	2,2	2,0	1,9	2,0	2,1	1,3	1,9	1,1	0,6
1,2 - 1,1	7,7	7,2	6,0	6,0	5,8	5,3	5,9	5,2	4,0	5,2	3,4	2,3
1,3 - 1,2	11,6	10,5	9,0	8,6	8,4	7,7	8,3	7,4	5,9	7,4	4,4	3,1
1,4 - 1,3	13,4	12,2	10,6	10,0	9,6	8,8	9,5	8,3	6,7	8,4	4,7	3,5
1,5 - 1,4	9,2	8,6	8,2	7,7	6,9	6,6	6,6	6,1	4,9	6,0	3,5	2,6
2,0 - 1,5	21,5	21,2	22,3	23,4	21,6	21,8	20,3	19,5	10,0	18,9	20,1	20,3
2,5 - 2,0	9,3	9,9	12,5	13,2	15,0	17,5	15,0	19,0	22,6	19,1	25,8	30,4
3,0 - 2,5	5,2	5,5	7,7	8,2	9,6	10,9	9,9	9,9	13,3	9,9	15,0	14,8
>3,0	7,8	8,5	10,8	11,6	12,7	13,9	12,8	15,5	17,0	15,1	19,0	20,9

Kern II

Probennummer Kornklasse (ζ°)	PO 1 2	PO 1 1
0,1 - 0	↑	
0,2 - 0,1	↑	↑
0,3 - 0,2		
0,4 - 0,3	0,4	0,7
0,5 - 0,4	0,1	0,1
0,6 - 0,5	0,1	0,1
0,7 - 0,6	0,2	0,2
0,8 - 0,7	0,1	0,1
0,9 - 0,8	0,2	0,2
1,0 - 0,9	0,4	0,4
1,1 - 1,0	0,8	0,9
1,2 - 1,1	2,7	2,7
1,3 - 1,2	3,6	3,8
1,4 - 1,3	4,1	4,3
1,5 - 1,4	3,3	4,3
2,0 - 1,5	23,1	22,1
2,5 - 2,0	21,7	20,9
3,0 - 2,5	15,3	14,9
>3,0	14,2	13,2

Kern I

Probennummer Kornklasse (ζ°)	A 18 1	A 18 2	A 18 3	A 18 4	A 18 5	A 18 6	A 18 7	A 18 8	A 18 9	A 18 10
< 0	19,9	4,8	2,3	4,9	7,8	3,0	2,7	1,5	-	-
0,2 - 0	5,2	4,2	3,8	3,3	5,6	5,6	4,2	2,0	-	-
0,5 - 0,2	5,7	7,9	8,3	6,2	9,2	10,2	8,6	4,6	↑	↑
0,6 - 0,5	1,5	2,4	2,5	1,6	2,1	2,3	2,0	1,1	↑	↑
0,7 - 0,6	2,6	3,4	3,5	2,4	2,6	2,6	2,4	1,3	↑	↑
0,8 - 0,7	2,3	3,2	3,9	2,8	2,5	2,6	2,2	1,4	0,4	0,6
0,9 - 0,8	4,5	6,3	6,2	5,5	5,4	5,0	4,4	2,9	0,4	0,3
1,0 - 0,9	6,4	9,0	9,1	8,2	7,9	7,2	6,5	4,4	0,3	0,2
1,1 - 1,0	11,5	15,2	16,2	16,8	14,3	14,2	11,2	8,5	0,7	0,4
1,2 - 1,1	6,9	6,7	6,8	7,5	6,7	6,5	5,4	3,9	0,4	0,3
1,3 - 1,2	4,7	4,9	5,2	5,1	4,7	5,1	2,0	2,9	0,3	0,3
1,4 - 1,3	7,1	6,8	7,6	7,8	6,1	5,9	4,9	4,3	2,1	2,7
1,5 - 1,4	4,3	4,3	5,5	4,6	4,2	3,7	3,2	3,3	4,0	6,2
2,0 - 1,5	9,2	9,5	8,7	9,5	9,4	10,6	14,2	19,5	52,7	32,3
2,5 - 2,0	5,9	2,3	3,3	2,0	3,9	5,6	10,9	18,2	15,3	22,6
3,0 - 2,5	1,7	1,1	2,0	4,2	2,3	2,2	6,1	9,7	3,2	12,7
>3,0	6,5	6,2	5,9	5,1	5,9	7,0	8,5	10,7	12,2	12,9

Karbonatanteil der Kornklassen in Gew. % (Karbonat berechnet als CaCO₃)

Profil I

Probennummer	A 37	A 31	A 38	A 50	A 17	A 18	A 19	A 32	A 33	A 34	A 35	A 36
Kornklasse (ζ°)												
0,5 - 0,4	-	-	82,8	81,8	-	-	-	84,3	-	-	79,3	83,8
0,6 - 0,5	-	83,4	85,9	77,5	↑	-	↑	81,2	-	-	81,4	84,7
0,7 - 0,6	48,5	70,9	78,8	84,7	↑	-	↑	82,2	-	-	86,2	82,7
0,8 - 0,7	34,8	42,0	85,0	87,1	↑	87,2	↑	87,0	96,1	-	85,0	87,5
0,9 - 0,8	25,4	37,7	79,9	86,1	↑	78,1	↑	83,6	86,9	91,4	90,9	89,5
1,0 - 0,9	28,6	33,7	68,7	84,2	80,3	80,0	79,4	73,9	80,5	87,6	91,9	93,1
1,1 - 1,0	31,4	29,2	63,7	83,1	88,8	83,0	70,9	76,7	76,6	90,9	92,9	92,6
1,2 - 1,1	30,9	28,3	55,6	71,3	85,4	82,8	79,1	79,0	74,8	84,7	91,4	91,0
1,3 - 1,2	25,5	31,5	42,9	47,2	71,9	82,5	79,4	81,0	72,1	82,3	93,1	90,6
1,4 - 1,3	27,5	31,3	32,1	37,8	51,4	72,9	76,9	79,7	72,0	74,2	92,3	88,1
1,5 - 1,4	31,6	35,4	36,9	44,7	51,4	71,5	76,9	71,8	71,1	71,2	88,9	82,1
2,0 - 1,5	35,4	40,8	40,9	44,2	52,8	65,1	68,9	68,7	62,3	64,4	70,8	65,3
2,5 - 2,0	43,5	47,0	45,3	49,3	48,8	53,8	52,7	61,7	58,6	58,0	62,5	49,5
3,0 - 2,5	42,6	41,0	42,9	45,2	33,5	46,1	41,3	54,0	53,6	63,3	59,6	56,7
>3,0	28,2	26,6	35,0	36,9	33,5	33,3	41,3	40,2	37,8	32,8	40,8	38,9
Gesamtkarbonat	31,7	38,3	43,0	52,3	58,0	76,9	73,2	77,6	57,8	60,5	79,1	79,9

Profil II

Probennummer	A 39	A 49	A 27	A 45	A 22	A 43	Profil III				
Kornklasse (ζ°)	A 47	A 28	A 48	A 46	A 29						
0,5 - 0,4	86,7	-	88,7	77,9	83,4	84,0	77,9	76,9	83,3	79,1	-
0,6 - 0,5	88,8	81,4	74,2	81,2	90,1	85,2	83,8	78,9	78,6	81,0	-
0,7 - 0,6	82,4	83,8	86,3	83,2	92,7	82,3	85,7	88,6	79,0	81,1	↑
0,8 - 0,7	61,7	78,4	76,7	83,8	89,3	88,9	79,8	84,2	86,1	84,3	↑
0,9 - 0,8	29,5	71,3	68,3	87,0	91,2	86,7	89,5	87,1	83,0	80,8	↑
1,0 - 0,9	15,7	63,2	64,1	77,1	91,2	88,8	82,2	84,4	81,9	95,9	79,8
1,1 - 1,0	13,3	67,9	77,9	71,5	88,6	88,8	69,9	77,6	80,8	78,3	86,6
1,2 - 1,1	14,0	75,0	80,4	74,9	79,3	79,3	70,5	78,2	75,1	71,2	90,0
1,3 - 1,2	17,3	64,6	79,7	82,0	76,1	75,9	78,5	79,8	77,5	67,2	89,3
1,4 - 1,3	20,2	71,1	75,8	81,5	79,6	76,0	75,7	75,6	77,0	67,3	81,5
1,5 - 1,4	29,7	65,0	74,3	77,0	76,0	78,2	71,7	75,5	75,9	68,1	81,5
2,0 - 1,5	42,1	59,9	65,9	67,8	73,3	65,7	62,6	64,8	68,3	67,4	60,5
2,5 - 2,0	46,7	58,9	56,5	60,0	59,3	58,9	57,0	49,0	49,9	58,1	51,6
3,0 - 2,5	40,8	50,4	43,0	50,6	50,0	47,6	47,4	57,0	52,8	48,2	41,3
>3,0	27,1	31,7	30,2	32,3	26,4	33,2	30,3	32,3	33,0	32,0	-
Gesamtkarbonat	27,0	68,9	75,3	76,3	73,6	68,4	72,5	75,3	73,5	75,7	63,9

Karbonatanteil der Kornklassen in Gew.% (Karbonat berechnet als CaCO₃)

Profil IV

Probennummer	PO 7	PO 2	PO 6	PO 5	PO 1	PO 4	PO 3
Kornklasse (ζ°)							
0,5 - 0,4	-	-	75,0	76,9	77,2	73,6	75,1
0,6 - 0,5	-	-	86,4	81,0	78,5	79,9	73,3
0,7 - 0,6	62,1	87,7	87,8	83,9	-	83,2	81,7
0,8 - 0,7	22,2	70,9	88,3	83,8	85,1	81,9	86,6
0,9 - 0,8	17,1	44,8	87,4	81,1	85,9	84,9	86,7
1,0 - 0,9	18,8	27,9	74,8	82,1	80,0	84,6	86,7
1,1 - 1,0	17,6	22,7	73,2	81,8	82,2	88,2	85,3
1,2 - 1,1	19,5	23,1	71,9	72,3	75,4	84,9	82,2
1,3 - 1,2	21,5	23,6	69,5	74,2	-	75,3	78,8
1,4 - 1,3	23,5	27,0	69,9	73,5	76,8	76,4	75,9
1,5 - 1,4	26,0	29,8	69,0	76,3	77,3	77,1	75,2
2,0 - 1,5	36,2	36,0	58,7	64,9	68,1	68,2	65,2
2,5 - 2,0	44,3	42,8	54,8	57,5	60,2	59,5	55,7
3,0 - 2,5	40,9	38,4	41,6	45,2	49,6	50,8	50,1
>3,0	26,8	25,1	27,5	29,1	27,8	29,8	29,1
Gesamtkarbonat	26,7	31,3	67,4	72,7	70,9	72,1	63,8

Bucht von Vestar

Probennummer	VE 3	VE 4	VE 5	VE 6	VE 14	VE 16	VE 19
Kornklasse (ζ°)							
0,5 - 0,4	-	-	90,5	-	-	-	-
0,6 - 0,5	-	-	92,1	-	-	-	-
0,7 - 0,6	87,5	-	88,5	-	-	-	-
0,8 - 0,7	89,7	-	85,7	-	-	-	89,0
0,9 - 0,8	91,0	-	90,3	-	-	80,1	91,7
1,0 - 0,9	90,8	-	91,7	-	-	82,4	91,6
1,1 - 1,0	90,1	90,9	87,8	92,7	87,1	91,6	92,7
1,2 - 1,1	87,8	93,2	85,3	88,2	92,0	84,3	91,8
1,3 - 1,2	87,5	90,8	82,2	89,0	90,5	88,3	88,5
1,4 - 1,3	84,5	88,1	75,6	85,9	86,8	85,6	83,8
1,5 - 1,4	82,3	80,7	64,6	79,4	79,2	90,6	79,3
2,0 - 1,5	64,5	60,6	51,4	58,5	62,0	56,7	64,4
2,5 - 2,0	-	48,8	46,3	50,7	52,3	47,6	50,2
3,0 - 2,5	-	56,7	51,6	52,8	55,1	55,4	48,8
>3,0	-	40,1	29,8	34,4	34,9	53,0	29,8
Gesamtkarbonat	87,5	63,2	63,2	60,1	61,9	60,5	70,5

Karbonatanteil der Kornklassen in Gew. % (Karbonat berechnet als CaCO_3)

Kern II

Probennummer Kornklasse (ζ°)	PO 1 20	PO 1 19	PO 1 18	PO 1 17	PO 1 16	PO 1 15	PO 1 14	PO 1 13	PO 1 12	PO 1 11
0,4 - 0,3	-	80,7	-	-	87,9	89,5	89,8	-	-	-
0,5 - 0,4	84,7	83,2	79,8	84,6	87,4	86,6	87,7	-	88,4	85,7
0,6 - 0,5	85,6	88,0	86,0	86,7	86,2	89,6	89,8	90,9	88,4	92,3
0,7 - 0,6	83,1	86,8	85,9	88,7	88,1	83,1	91,2	91,4	88,8	90,5
0,8 - 0,7	88,2	86,8	89,3	88,6	90,6	88,3	88,7	90,8	90,5	89,0
0,9 - 0,8	87,8	87,9	87,2	86,6	85,9	81,7	82,3	85,6	85,7	85,3
1,0 - 0,9	82,2	82,9	82,0	81,3	80,2	77,0	78,4	78,7	78,7	79,2
1,1 - 1,0	79,7	80,4	77,7	77,2	78,0	75,5	78,1	78,3	78,2	79,2
1,2 - 1,1	78,0	76,9	78,2	77,1	77,2	76,6	77,5	78,7	78,5	78,5
1,3 - 1,2	76,8	76,0	75,9	73,5	76,2	74,4	77,4	77,1	77,3	77,4
1,4 - 1,3	79,2	76,8	78,0	86,0	74,8	77,6	78,6	78,7	78,0	79,1
1,5 - 1,4	77,2	76,0	72,3	73,1	76,5	76,0	75,9	76,3	75,2	75,5
2,0 - 1,5	61,8	68,2	67,2	69,6	61,7	69,3	72,0	69,9	70,2	71,4
2,5 - 2,0	58,1	60,5	61,2	64,2	66,2	68,2	68,7	70,7	71,2	71,1
3,0 - 2,5	46,6	50,7	51,1	55,2	60,4	64,4	65,2	63,3	68,3	67,0
>3,0	26,5	33,2	34,0	32,5	39,5	39,5	41,2	42,9	50,0	42,9
Gesamtkarbonat	73,6	74,1	75,7	74,9	71,8	72,2	73,2	73,2	72,0	70,9

Probennummer Kornklasse (ζ°)	PO 1 10	PO 1 9	PO 1 8	PO 1 7	PO 1 6	PO 1 5	PO 1 4	PO 1 3	PO 1 2	PO 1 1
0,4 - 0,3	-	-	-	-	-	90,0	-	-	-	-
0,5 - 0,4	91,2	89,8	91,4	90,1	-	87,3	-	-	-	-
0,6 - 0,5	88,3	89,6	89,7	93,1	-	91,8	-	-	-	-
0,7 - 0,6	90,4	89,8	90,1	91,0	90,1	88,9	-	-	-	-
0,8 - 0,7	90,0	90,1	93,4	90,5	89,9	90,6	-	-	-	-
0,9 - 0,8	84,6	84,3	86,7	86,3	84,2	84,3	82,0	-	-	-
1,0 - 0,9	79,2	77,7	78,7	80,0	78,0	78,8	77,0	75,4	73,6	79,0
1,0 - 1,1	78,2	77,1	77,4	77,8	76,1	76,3	77,3	75,8	75,0	76,2
1,2 - 1,1	78,9	77,2	77,9	78,3	76,7	76,8	77,8	76,9	76,8	76,2
1,3 - 1,2	77,1	76,8	76,5	77,0	76,8	77,4	78,3	76,6	77,2	75,8
1,4 - 1,3	79,5	77,5	78,6	78,4	79,1	77,7	78,6	78,1	77,2	76,5
1,5 - 1,4	75,3	79,2	75,5	76,3	75,6	75,9	74,3	73,8	73,6	73,5
2,0 - 1,5	69,7	71,5	70,0	70,8	70,7	69,3	70,4	71,2	71,7	71,6
2,5 - 2,0	71,3	71,9	71,8	72,0	73,4	72,3	73,9	74,1	73,0	74,8
3,0 - 2,5	70,9	66,9	69,3	68,1	73,4	67,7	70,5	68,5	68,2	71,1
>3,0	43,4	44,0	28,9	46,9	41,3	44,9	47,2	51,2	47,4	51,2
Gesamtkarbonat	64,8	69,9	69,1	70,1	69,1	69,1	68,6	68,1	67,7	69,4

Karbonatanteil der Kornklassen in Gew. % (Karbonat berechnet als CaCO_3)

Kern I

Probennummer	A 18	A 18	A 18	A 18	A 18	A 18	A 18	A 18	A 18	A 18
Kornklasse (μ)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,6 - 0,5	-	91,2	84,0	80,9	80,9	85,5	79,4	81,8	-	-
0,7 - 0,6	-	86,5	82,2	82,2	84,7	87,5	79,4	82,8	-	-
0,8 - 0,7	87,2	87,0	82,2	79,5	83,3	83,9	77,7	78,4	-	-
0,9 - 0,8	78,1	79,1	77,1	74,2	77,7	72,4	74,3	75,0	-	-
1,0 - 0,9	80,0	80,5	78,4	81,3	82,0	82,9	75,1	75,9	-	-
1,1 - 1,0	83,0	84,2	80,7	82,2	86,4	85,7	82,4	81,6	-	-
1,2 - 1,1	82,8	81,6	84,0	82,0	83,2	83,5	71,0	81,0	-	-
1,3 - 1,2	82,5	82,7	83,7	84,4	85,5	72,9	82,7	80,0	-	-
1,4 - 1,3	72,9	73,9	75,2	74,1	75,1	84,0	74,5	73,9	66,3	66,3
1,5 - 1,4	71,5	73,4	73,4	73,1	72,4	72,8	71,3	71,9	71,3	70,0
2,0 - 1,5	65,1	64,9	66,0	66,4	66,8	66,3	68,0	70,5	71,5	71,3
2,5 - 2,0	53,8	58,8	64,1	62,1	66,1	66,8	70,4	71,0	73,3	73,0
3,0 - 2,5	46,1	47,5	53,6	56,2	58,7	63,5	65,8	69,4	69,8	70,5
> 3,0	33,3	33,6	32,1	34,6	35,6	39,9	41,7	45,4	50,0	50,6
Gesamtkarbonat	75,1	76,5	75,5	75,0	76,5	76,3	72,0	71,1	68,7	67,2

L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

- BRAMBATI, A. (1969): Caratteristiche sedimentologiche dei depositi sabbiosi dei corsi d'acqua tributari dell'Adriatico settentrionale tra Venezia e Trieste e loro relazioni con la linea delle risorgive. - Studi Trentini Sci. Natur., Sez. A, 46: 11-29, Trento.
- BRAMBATI, A. & VENZO, G. A. (1967): Recent Sedimentation in the North-rn Adriatic Sea between Venice and Trieste. - Studi Trentini Sci. Natur., Sez. A, 44: 202-274, Trento.
- CHIERICI, M. A., BUSI, M. Z. & CITA, M. B. (1962): Contribution à une étude écologique des Foraminifères dans la Mer Adriatique. - Rev. Micropaléont., 5: 123-142, Paris.
- CHILLINGAR, G. V., BISSEL, H. J. & WOLF, K. H. (1967): Diagenesis of carbonate rocks. - In: LARSEN, G. & CHILLINGAR, G. V. (Ed.): Developments in Sedimentology. - S. 180-322, Amsterdam.
- CORRENS, C. W. & SCHOTT, W. (1932): Vergleichende Untersuchungen über Schlamm- und Aufbereitungsverfahren von Tonen. - Kolloid. Zeitschr., 61: 68-80, Dresden.
- CORRENS, C. W. (1937): Wissenschaftliche Ergebnisse der deutschen atlantischen Expedition auf dem Forschungs- und Vermessungsschiff "Meteor" 1925-1927. Die Sedimente des äquatorialen atlantischen Ozeans. - Bd. III, 3: 274-277, Berlin.
- DAEVES, L. & BECKEL, A. (1948): Großzahlforschung und Häufigkeitsanalyse. - 65 S., Weinheim.
- D'AMBROSI, C. (1964): Nuove precisazioni sull' origine delle bauxiti e delle "terre rosse" dell' Istria e dei dintorni di Trieste. - Atti Museo Civico Storia Naturale Trieste, 24: 1-31, Trieste.
- EHRENBERG (1849): Passatstaub und Blutregen. - Abh. Kgl. Akad. Wissensch. Berlin, 1847: 269-460, Berlin.
- EMERY, K. O. & RITTENBERG, S. C. (1952): Early diagenesis of California basin sediments in relation to origin of oil. - Bull. Amer. Assoc. Pet. Geol., 36: 735-806, Menasha.
- GLAWION, H. (1937): Eine ungewöhnliche Periode von Staubfällen im Mai 1937. - Zeitschr. angew. Meteorol., 54: 284-289, Leipzig.
- (1937): Über einige Staubfälle in Arosa im Sommer 1936. - Meteorol. Zeitschr., 54: 61-64, Braunschweig.
- (1938): Staub und Staubfälle in Arosa. - Beitr. Physik freien Atmosphäre, 25: 1-43,
- GLAWION, H. & GÖTZ, F. W. P. (1937): Über zwei Staubfälle in Arosa im März 1937. - Gerlands Beitr. Geophysik, 50: 380-384, Leipzig.
- GÖTZ, F. W. P. (1937): Staubfälle in Arosa im Spätwinter 1936. - Meteorol. Zeitschr., 53: 227, Braunschweig.
- HELLMANN, G. & MEINARDUS, W. (1901): Der grosse Staubfall vom 9. bis 12. März 1901 in Nordafrika, Süd- und Mitteleuropa. - Abh. Kgl. Preuss. Meteorol. Inst., 2, Berlin.
- HINZE, K. & MEISCHNER, D. (1968): Gibt es rezente Rotsedimente in der Adria? - Marine Geology, 6: 53-71, Amsterdam.
- INMAN, D. L. (1952): Measures for describing the size distribution of sediments. - Journ. Sed. Petrology, 22: 125-145, Tulsa.
- JERLOV, N. G. (1958): Distribution of suspended material in the Adriatic Sea. - Archo. Oceanogr. Limnol., 11: 227-250, Venezia.
- NEUMANN, R. (1963): Die Auswertung von Korngrößenverteilungen durch die Häufigkeitsanalyse. - N. Jb. Geol. Paläontol., Mh., 1963: 492-501, Stuttgart.

- PICOTTI, M. (1954): Physikalisch-chemische Verhältnisse in der Nord-Adria längs des 45. Breitenkreises. - Archiv Meteorol. Geophys. Bioklimat., 7: 466-476, Wien.
- FIGORINI, B. (1967): Aspetti sedimentologici del Mare Adriatico. - Mem. Soc. Ital. Sc. Nat. Mus. Civ. Storia Nat. Milano, 16: 130-199, Milano.
- (1968): Sources and dispersion of recent sediments of the Adriatic Sea. - Marine Geology, 6: 187-229, Amsterdam.
- RESIG, M. (1965): Lösungserscheinungen an Foraminiferen der Ostseesedimente. - Diss. unveröffentl. 66 S., Kiel.
- RIEDL, R. (1963): Fauna und Flora der Adria. - 640 S., Paul Parey, Hamburg-Berlin.
- RITTENBERG, S. C., EMERY, K. O. & ORR, W. L. (1955): Regenerations of nutrients in sediments of marine basins. - Deep Sea Res., 3: 23-45, London.
- SCHMIDT, H. (1935): Die bionomische Einteilung der fossilen Meeresböden. - Fortschr. Geol. Paläontol., 12, H. 38: 1-154, Berlin.
- VAN STRAATEN, L. M. J. U. (1965): Sedimentation in the north-western part of the Adriatic Sea. A Symposium. - Colston Papers, Colston Research Soc., 17: 143-162, London.
- VATOVA, A. (1928): Compendio della Flora e Fauna del Mare Adriatico presso Rovigno. - R. Comitato Talassogr. Ital., Mem., 143: 1-613, Venezia.
- (1934a): L'anormale regime fisico-chimico dell'Alto Adriatico nel 1929 e le sue ripercussioni sulla fauna. - Thalassia, 1, 8: 1-25, Venezia.
- (1934b): Ricerche quantitative sul benthos del Golfo di Rovigno. - Thalassia, 1, 12: 1-12, Venezia.
- (1935): Ricerche preliminari sulle biocenosi del Golfo di Rovigno. - Thalassia, 2, 2: 1-30, Venezia.
- (1936): Ricerche quantitative sulla fauna benthonica dell'Alto Adriatico e loro importanza per la biologia marina. - Thalassia, 2, 19: 1-15, Venezia.
- VENZO, G. A. & STEFANINI, S. (1967): Distribuzione dei carbonati nei sedimenti di spiaggia e marini dell'Adriatico settentrionale tra Venezia e Trieste. - Studi Trentini Sci. Natur., Sez. A, 44: 178-201, Trento.
- WALGER, E. (1962): Die Korngrößenverteilung von Einzellagen sandiger Sedimente und ihre genetische Bedeutung. - Geol. Rundschau, 51: 494-506, Stuttgart.
- (1964): Zur Darstellung von Korngrößenverteilungen. - Geol. Rundschau, 54: 976-1002, Stuttgart.
- WALTHER, J. (1910): Die Sedimente der Taubenbank im Golfe von Neapel. - Aus d. Anhang Abh. Kgl. Preuss. Akad. Wiss., 1910: 1-48, Berlin.
- WETZEL, W. (1937): Die Schalenzerstörung durch Mikroorganismen. Erscheinungsform, Verbreitung und geologische Bedeutung in Gegenwart und Vergangenheit. - Kieler Meeresforsch., 2: 254-266, Kiel.
- ZORE, M. (1958): Some new observations on the system of Adriatic currents. - Rapp. Pr. Verb. Réunion., CIESSM, Paris.
- ZORE-ARMANDA, M. (1963): Les masses d'eau de la Mer Adriatique. - Acta Adriatica, 10: 5-89, Split.