(Aus dem Paläontologischen und Paläobiologischen Institut der Universität Wien. Direktor: Prof. Dr. K. EHRENBERG.)

Postmortale Veränderungen an Molluskenschalen und ihre Auswertbarkeit für die Erforschung vorzeitlicher Lebensräume.

Von

A. F. Tauber (Wien).

(Mit 15 Abbildungen im Text und auf den Tafeln XI bis XIV.)

Inhalt.

	Seite
A. Einleitung	448
B. Beobachtungen über die postmortalen Veränderungen der Molluskenschalen im rezenten Flachmeer und ihre Gesetzmäßigkeit	455
I. Die postmortalen Veränderungen am Strand, auf Riffen und in Rinnen	455
II. Bemerkungen zu den postmortalen Veränderungen in anderen Teilen des Flachmeergebietes . .	466
III. Beobachtungen über Restformen der Schalenzerstörung	467
IV. Zusammenfassung.	472
C. Die Auswertung fossilen Schalenmaterials.	474
I. Ein mittelpannonischer Riffsand von Vösendorf-Siebenhirten (Wien).	474
II. Eine tortone Rinnenbildung von Soos-Vöslau (N.-D.)	477
III. Eine subfossile Sandbankablagerung von Varna	480
IV. Ein tortoner Rinnensand von Nußdorf (Wien).	482
V. Ein tortoner Rinnensand von Rodaun (Wien)	484
VI. Ein helvetischer Rinnensand von Grund (N.-D.).	486
VII. Allgemeine Schlußfolgerungen für das Wiener Becken	487
D. Zusammenfassung	492
E. Schrifttum	494

A. Einleitung.

Die vorzeitlichen und gegenwärtigen Lebensräume haben in der modernen paläontologischen und paläobiologischen Forschung immer mehr das Interesse der Forscher auf sich gelenkt, seitdem L. DOLLO und O. ABEL deren Bedeutung für das Verständnis der Lebens- und Stammes-

geschichte erkannt hatten. Immer wieder ist auf die Notwendigkeit der Lebensraumforschung hingewiesen worden und die Erfolge blieben nicht aus. Zoologie und Aktuogeologie haben das Werk gefördert. Die Paläobiologie war entstanden und ein nicht mehr wegzudenkender Zweig nicht nur paläontologischer, sondern auch geologischer Forschung geworden. Durch sie sind die Versteinerungen aus den engen Fesseln des reinen Chronologismus befreit worden und haben eine lebensvolle Sprache erhalten, deren Sinn uns tiefer in das Wesen vorzeitlicher Welten blicken läßt: „. wenn wir die mannigfachen Beziehungen zwischen Tier und Umwelt, die uns die Gegenwart Tag für Tag so eindringlich vor Augen führt, in entsprechender Weise bei unseren lebensgeschichtlichen Studien berücksichtigen. Zu dieser Umwelt gehören nicht nur für jeden Organismus die jeweils zeit- und ortsgleichen übrigen Lebewesen, es gehört hierher auch der Lebensraum an sich." (EHRENBERG 1940.)

An der Erforschung der Lebensräume in Gegenwart und Vergangenheit haben Biologie, Paläobiologie, Sedimentpetrographie und Geologie gleich großen Arbeitsanteil und stärkstes Interesse. Am wenigsten hat in diesem Ringen um Erkenntnis bisher zufolge ihrer Jugend die Sedimentpetrographie beigetragen. Daß auch sie, wenn sie über das untersuchungsmethodische Stadium hinausgewachsen, sich solchen Fragen zuwendet, zu deren Aufhellung beizusteuern vermag, will der folgende Beitrag zur Erforschung vorzeitlicher Flachsee- und Litoralräume zeigen.

Das Benthos der Seichtsee lebt nur in Ausnahmefällen auf einer relativ beständigen Bodenfläche (z. B. Felsgrund), im allgemeinen aber auf einem streifenweise episodisch und rhythmisch bewegten, sich durchmischenden und entmischenden Kies-Sandbrei.*

Diese Sandböden zeigen nur selten eine ebene Oberfläche, meist hingegen eine bewegte Reliefgestaltung, deren wesentliche Elemente in langen Sandwällen bestehen. Solche Sandwälle können parallel zur vorherrschenden Strömung (Sandbänke, Sandriffe, „Haken") oder senkrecht zu ihr angelegt sein (Rippeln). Teilweise stellen diese Sandformen auf Strömungsintensitätsunterschieden beruhende stromlinienförmige Sandwälle (Sandbänke, Nehrungen) dar. Teilweise ist ihre Bildung an die Schwingung (Seegang) des Wassers geknüpft und solche Sandformen stellen dann rhythmische Sandwellen mit gesetzmäßig sich wiederholenden und variierenden Querschnitten (Großrippeln der Nordsee, vgl. VEEN 1938 a; Sandriffe der Küstennähe) dar. Durch die Hakenbildungen, welche Merkmale der auf Strömungsintensität beruhenden Nehrungsbildungen und wegen ihrer Entstehung aus Riffen auch solche der aus der Schwingung entstandenen Sandformen in sich vereinigen, wird die Grenze zwischen diesen beiden Bildungsarten etwas verwischt.

* Schlickgründe sind mit wenigen Ausnahmen (Schlickwatten, Schlickgründe der Förden) für die Seichtsee untypisch.

Unter Sandriffen (im folgenden kurz Riffe) versteht man mehr oder minder küstenparallele Sandwälle, welche oft kilometerweit die Küste begleiten (an der Ostsee „Schaare" genannt). Sie bestehen meist aus einem Geröllkern und einer in wechselnder Mächtigkeit darübergelagerten Sandhaut. Die Sand- und Geröllwanderung geht auf ihnen hauptsächlich entlang ihrer Längserstreckung in wechselnder Richtung vor sich (Tauber 1940). Zwischen diesen Riffen liegen Rinnen, in welchen Sandwanderung eine sehr untergeordnete Rolle spielt. Riffe und Rinnen bilden zusammen die Riffzone.

In Anlandungsgebieten werden die Riffe meist zahlreicher und, da der Abstand der Riffe voneinander ziemlich konstant ist, wird die Riffzone breiter. Die Sandwanderung im Anlandungsgebiet nimmt mehr und mehr ab und erlahmt schließlich gänzlich, wenn die Riffe bis an den Wasserspiegel gewachsen sind (tote Riffe, Haken). Durch Flugsandüberwehung werden die Riffe über den Wasserspiegel erhöht: Die Anlandung ist vollzogen. Die Rinnen bleiben oft noch lange Zeit als Strandseen bestehen, bis auch sie der Verlandung anheimfallen.

Bei Sturm und schwerer See branden die Wogen auf den Riffen und dabei findet eine intensive Um- und Durcharbeitung des Riffsediments statt, welche an allem daran beteiligten Material allseitige Schliffbeanspruchung erzeugt.

Weitaus langsamer gehen Verlagerungen der Riffe in Richtung zur Küste und von dieser weg vor sich; doch sind diese Bewegungen insofern von Bedeutung, als hierbei schwer transportables Riffmaterial, vor allem also Schotter, zurückbleiben und so den Boden der Rinnen bilden kann. Die auf diese Weise entstehenden „Schotterrinnen" sind wegen der bezeichnenden, in ihnen sich abspielenden Bruchzerstörung, welche durch das Schlagen und Kollern der Gerölle bei schwerem Seegang zustandekommt, für unsere Untersuchungen von Bedeutung.

Auf den Sandbänken und den untermeerischen Teilen von Nehrungen und Haken geht eine zum Teil lebhafte Sandwanderung vor sich, jedoch ohne die für Riffe bezeichnende Durcharbeitung und Durchwühlung des gesamten Materials. Die Zerstörungsmechanik dieser Sandformen schließt sich daher wohl viel enger an die der Rinnen an als an die der Riffe.

Aufbau und Bewegungsweise dieser Sandformen sind erst teilweise, insbesondere durch die Arbeiten des Meeresgeologischen Forschungsinstitutes Kiel-Kitzeberg der Reichsstelle für Bodenforschung, erforscht; soviel aber steht fest, daß die Bewegung der Sandriffe und wohl auch der Großrippeln durch das Zusammenwirken von Seegang (Auflockerung durch Turbulenz) und Strom (Transport) bedingt ist.* Ebenso haben die Untersuchungen gezeigt, daß die Sandwanderung mit wachsender

* Sandbewegungen durch Strömung allein verlangen zu große Stromgeschwindigkeiten und sind daher im Meere von untergeordneter Bedeutung.

Tiefe abnimmt (siehe oben) und daher hauptsächlich auf den Riffen, Rippelkämmen und auf den Rücken der Sandbänke vor sich geht, wobei gewisse, nicht nur horizontal, sondern auch vertikal erfolgende Entmischungserscheinungen statthaben.

Diese Verhältnisse, von denen hier nur das wichtigste kurz angedeutet werden konnte, bedingen es, daß die Sandgründe des Litorals in der Flachsee keineswegs den einheitlichen Lebensraum darstellen, als welcher sie noch vielfach behandelt werden. Denn die erwähnten dynamischen, geomorphologischen und sedimentpetrographischen Gegebenheiten bieten für das Leben in den Zonen des wandernden Sandes, d. h. in und auf den Sandbänken (soweit mit starker Sandwanderung), Großrippeln und Sandriffen einerseits, in den Zonen des mehr oder minder ruhenden Sandes, d. h. in den zwischen den Sandbänken, Großrippeln und Sandriffen usw. liegenden Vertiefungen, den Rinnen, andererseits, recht verschiedene Voraussetzungen.

Im allgemeinen sind die Lebensbedingungen auf und in den Sandbänken (mit starker Sandwanderung) und Sandriffen, den Großrippeln usw. entschieden die ungünstigeren. Sand — und vielbewegter ganz besonders — stellt eine wenig geeignete Unterlage für mehr oder minder sessiles Benthos dar, da er wenig Befestigungsmöglichkeiten an seiner Oberfläche bietet und außerdem seine Bewohner infolge der Sandwanderung der Möglichkeit einer Verschüttung, einer Bloßlegung, ja bei Wassertiefstand sogar einer Trockenlegung, Deflation und Sandüberwehung (Wasmund 1939) aussetzt.* Auch erschwert zweifellos die Sandsuspension des wandernden Riffsandes die Atmung, besonders die der siphonaten Bivalven. Ferner sind besonders Bivalven Beschädigungen ihrer Schalen durch rollende Gerölle ausgesetzt. Endlich sind Riff- und Rippelsande wegen der ständigen Durchbewegung und des damit verbundenen Mangels an (sessilen) Pflanzen außerordentlich nährstoffarm und schon hierdurch einer Besiedlung durch Tiere feindlich. Tierreste in Lebensstellung treten daher in Riffsanden nur unter besonderen Bedingungen auf (siehe S. 454).

Eine bionomische Sonderstellung nehmen die Haken, die „toten Riffe" ein. Als fast stillgelegte Riffe mit nur noch geringer Sandwanderung eignen sie sich besser zur Besiedlung als die Sandriffe der neutralen oder rückschreitenden Küste. So überziehen sie sich mit Seegras, Wurzeltangen und bieten in dieser Form vielen Meerestieren günstige Lebensmöglichkeiten. Insbesondere sammelt sich hier auf diesen Ablagerungszungen auch alles Driftmaterial.**

---

* Diesen Gefahren sind die Rinnen der Riffzone, aber auch die Bänke und Großrippeln der offenen See nicht ausgesetzt.

** So zählte ich auf einer kleinen submarinen Sandbarre bei Saloniki, welche sich im Schutze eines künstlichen, alten, ertrunkenen Steindammes

Wesentlich bessere Lebensbedingungen finden sich in den Rinnen. Der Sand ist vielfach mit kleinsten Korngrößen stark untermischt und wird hier selten und dann nur sehr oberflächlich bewegt.* Infolgedessen kommen alle durch starke und häufige Bewegung des Sandes gegebenen Gefährdungen des Lebens in Wegfall. Dazu gesellt sich ein wesentlich größerer Nährstoffgehalt, vor allem phytogener Herkunft. *Zostera*-Wiesen, Wurzeltange und Tange mit Haftscheiben siedeln sich gerne an. Der Herbst bringt meist große Mengen toten Seegrases *(Zostera)*, später dann Tange *(Fucus)* nicht nur an den Strand, sondern auch in die Rinnen zwischen den Riffen. Die immerhin kräftigen Wasserströmungen sorgen hier durch Sauerstoffzufuhr und Wasseraustausch für den Abbau der organischen Substanz, ohne lebensschädliche Schwefelwasserstoffkonzentrationen zu gestatten.

Besteht der Unterwasserboden in den Rinnen aus Sand, so treten hier in dem ruhigeren Wasser schon vereinzelt *Zostera*-Beete, epiphytisch auf *Zostera* Grün- und Rotalgen, und in deren Gefolge eine reiche benthonische Mikrofauna auf. Auch Algen, soweit sie mit in Sand ankernden Wurzeln ausgestattet sind, gedeihen hier, bilden aber erst in der größeren Tiefe der landferneren Rinnen der Riffzone und in der Seichtsee größere zusammenhängende Rasen. Mit ihrer reichen Gesellschaft von Tellinen, Cerithien, Bucciniden, Hydrobien, Rissoen, Rissoiden, Turbonillen, Turbiden, Trochiden und anderen meist phytophagen Gastropoden und

---

gebildet hatte, auf einer Bodenfläche von etwa 50 m² bei starkem Niedrigwasser nicht weniger als drei Fisch-, eine Maulwurfs-, eine Vogelleiche und die halbskelettierte Leiche einer Ziege, welche in Seegras und Tang verfilzt, von unübersehbaren Mengen von *Nassa reticulata* und *Cyclonassa neritea* sowie den meist in Gehäusen von *Nassa reticulata* steckenden Paguriden und auch einigen Seeigeln *(Echinus esculentus)* umschwärmt und besetzt waren. Daneben fanden sich zahlreiche Knochen und Skelettreste von Fischen und Landwirbeltieren. Ob *Echinus esculentus* hier gleich den Schnecken Aas verzehrte oder ob ihn anderes lockte, kann ich nicht sagen; von anderen Seeigeln des Mittelmeeres ist zwar räuberische Lebensweise *(Toxopneustes brevispinosus)*, aber keine Aasfresserei bekannt. *Nassa reticulata* und *Cyclonassa neritea* schienen sich auf dem naßfeuchten Sand der trockengefallenen Barre recht wohl zu fühlen; ja, selbst neue Zuzügler verließen das Wasser und krochen dem Aas zu. Die Paguriden dagegen zogen den Aufenthalt im Wasser der reichlich gebotenen Nahrung vor und versuchten teilweise ihre Häuschen in kleine Wasserlachen zu schleppen. Die Seeigel lagen um das Aas herum in kleinen kreisrunden Vertiefungen, welche sie sich wohl selbst geschaffen hatten; sie lagen bewegungslos und waren anscheinend stark ermattet.

* Den Beweis hierfür entnehmen wir Greifer-, Bohr- und Rammröhrenproben, welche schon wenige Zentimeter unter der Oberfläche die Reduktionsfarben (graugrün bis dunkelgrau) zeigen. Riffe hingegen zeigen selbst im innersten Kern, meinen Beobachtungen von der Ostsee und Saloniki nach, immer nur helle (Oxydations-) Farben. Dasselbe gilt von den Großrippeln, wie VAN VEEN 1939 mitteilt.

den vorwiegend grabenden Lamellibranchiaten bieten sie ein dem lebensfeindlichen Riffsand fremdes Bild.

In der Ostsee bilden diese *Zostera*-Wiesen die optimale Lebensgrundlage der *Macoma baltica*-Gemeinschaft, innerhalb welcher *Mya arenaria* und der Wurm *Arenicola marina* noch besonders häufig sind. Auf den Pflanzen leben außerdem *Hydrobia ulvae* und *H. ventrosa* sowie kleine *Mytiliden*, welche aber niemals ihre volle Größe erreichen, da sie im Herbst, mit der absterbenden *Zostera* an den Strand geworfen, verderben. Mit der sterbenden *Zostera* gehen auch ihre kleinsten Bewohner unter den Mollusken, die Rissoen *(R. membranacea, R. inconspicua)* zugrunde.

Nicht ungünstiger liegen die Lebensbedingungen in jenen Rinnen, welchen eine Sandbedeckung fehlt, wie dies vielfach vor Abtragungsküsten ständig oder jahreszeitlich (mit vorherrschender Windrichtung) wechselnd der Fall ist. Nur eine andere Lebensgemeinschaft tritt auf und schwankt mit der Konsistenz des anstehenden Unterwasserbodens.*

Vielfach legt sich über den anstehenden Grund der Rinne eine nur dünne Feinsanddecke von etwa 0—20 cm Mächtigkeit, aus welcher Erhebungen des anstehenden Meeresbodens hervorragen (Findlinge, Blöcke, Felsrippen), so daß hier ein Zusammenleben von sandbewohnenden und sessilen (festgehefteten) Formen ermöglicht wird, wenn nicht starke Strömungen lebensungünstige Verhältnisse schaffen.**

---

* An der Ostsee bilden sich als Relikte der rückschreitenden Geschiebemergelkliffe meist Findlingspflaster, welche in den Rinnen manchmal offen zutage liegen. Sie sind die bevorzugte Wohnstätte der mit Haftscheiben ausgestatteten Tange, welche sich auf ausgedehnten Schotterpflastern gern zu Tangwäldern vereinigen. Zwischen ihnen lebt in großen Gespinstklumpen vereinigt die Miesmuschel *(Mytilus)*; die eigentliche *Macoma baltica*-Fauna tritt hier zurück; die Auster *(Ostrea)* findet dauerhaften Halt an den Findlingen, deren Algen und Schwammbewuchs einer bunten Fülle von Seesternen und Seeigeln, Seeanemonen (z. B. Kieler Förde) und meist kleinen, auf den Tangen lebenden Muscheln und Schnecken Wohn- und Lebensmöglichkeiten sichert. Ähnliche Bilder bieten die Felsböden der Ägäis. Dort, wo aber der Unterwasserboden aus weichem Mergel oder plastischem Ton besteht, findet sich meist eine individuenreiche Fauna grabender Bivalven ein. O Saloniki findet man den gelben, sandigen pliozänen (?) Ton, vor dem Kliff stellenweise von Pholaden dicht zerbohrt. Andere Mollusken fehlen jedoch diesen glattgewachsenen Ton- und Mergelböden meist. Die zwischen den Sandbänken der Nord- und Ostsee manchmal auftretenden Ton- und Felsrinnen sind jedoch häufig von so starken Gezeitenströmungen durchflossen, daß auch sie arm an Pflanzen- und Tierleben sind (z. B. Kadetrinne zwischen Darß und Gjedser [Dän.]).

** Solche erklärlicherweise besonders formenreiche Zusammenvorkommen habe ich am Strande am Nordost-Fuß des Olymp gesehen, wo neben den mit Austern, Anomien, Mytiliden, Patellen und Chitonen besiedelten Gneis- und Glimmerschieferblöcken Feinsand mit den ihn bewohnenden grabenden Formen, wie *Cardium, Tellina, Lutraria* und *Solen* auftreten. Die zahlreichen Sandbewohner, vor allem *Tapes, Venus, Mactra* und *Pinna*, von Gastro-

Endlich wären noch die örtlich meist sehr beschränkten Schlickgründe zu nennen. Sie sind vorwiegend in Eindellungen gebildet oder im Schutze zerrissener Küsten entstanden. Gelegentlich enthalten Schlickgründe Formen, welche man sonst im umgebenden Sandboden vergebens sucht.*

Im ganzen gesehen führt uns also die eben gegebene Schilderung des seichtmeerischen Lebensraumes eine Zweiteilung desselben in lebensgünstigere und lebensungünstigere Zonen vor Augen. Mit unübertrefflicher Klarheit zeigen Fliegersteilaufnahmen diese Verhältnisse unter seichter Wasserbedeckung. Taf. XI, Abb. 1 zeigt die in spitzem Winkel von der Küste weglaufenden Riffe (helle Streifen), auf welchen keine Spur von Pflanzenbewuchs zu sehen ist. In den Rinnen aber sehen wir recht regelmäßig, in kleinen Rippeln angehäuft tote organische Substanz, weiter Seegras und Tangrasen (dunkle Flecke, welche häufig [linke Bildseite] von helleren umgeben sind — Sandfangwirkung der Pflanzen).

Die Sandgründe der Seichtsee, die uns auch weiterhin beschäftigen sollen, stellen aber nicht nur einen Lebens-, sondern auch einen Todes- und Grabesraum dar.

Die bewegten Sandflächen des flachmeerischen Unterwasserbodens bieten das Bild einer Wüste und nicht zu Unrecht hat Veen von der „unterseeischen Sandwüste in der Nordsee" gesprochen. Hier wie dort finden wir Sandstürme, Dünen, Wanderdünen und Oasen. Und wie dort das Leben im wesentlichen auf die Oasen zurückgedrängt ist, so hier auf die Rinnen, Fels- und Schlickgründe. Hier wie dort kann eine Oase das Opfer einer wandernden Düne werden und, wie oben schon erwähnt, findet manche Mies- und Steckmuschel-, manche Austern-, Anomien-, Seepocken-, Schwamm- oder Mooskorallenkolonie unter der unterseeischen Wanderdüne begraben den Erstickungstod. Ähnliches kann sich beim Trockenfallen der Riffe durch Sandüberwehung ereignen (siehe S. 451).

Wenn solche Sandüberschüttungen eintreten, werden aber nur die sessilen und grabenden Formen an Ort und Stelle verharren und so oftmals

---

poden *Nassa*, *Cerithium*, *Conus* und *Murex*, vervollständigen die bunte Lebensgemeinschaft. In geringem Maßstabe treten ähnliche Zusammenvorkommen überall dort auf, wo der geringmächtige Sand der Rinnen über hartem, anstehendem Gestein zu liegen kommt.

* So dretschte ich im Sommer 1939 aus einem kleinen Schlickkessel, der sich im Schutze einer submarinen Geschiebemergelaufragung 2 sm vor Ahrenshoop (N-Ende vom Fischland) in 15 m Tiefe gebildet hatte, mehrere zum Teil lebende kleine und dickschalige Exemplare der sonst hier überall fehlenden *Astarte semisulcata (borealis)*, zwei von der hier ebenfalls sonst nicht vorkommenden *Nassa reticulata* sowie ein Exemplar der hier sehr seltenen *Littorina littorea* zusammen mit einer Menge *Mytilus*schill und sandigem, grauschwarzem Schlamm.

den Tod erleiden (Lebensstellung!). Vagile (nicht grabende) werden sich durch Flucht der Gefahr zu entziehen versuchen und von der ursprünglichen Lebensgemeinschaft wird nur ein Teil in den sich bildenden Ablagerungen begraben und an Ort und Stelle überlieferungsfähig werden. Andererseits aber bringt der herankommende Sand auch Leichen und Hartteile mit. So wird bekanntlich aus einer Lebensgemeinschaft eine Totengesellschaft, die auch lebensraumfremde Elemente enthalten kann.

Doch geht Transport an Hartteilen nicht spurlos vorbei. Die Spuren des Transports können Rückschlüsse auf die Art der Bewegung und damit auf die Art der Dynamik der diese Bewegung erzeugenden Umwelt gestatten. Die Berücksichtigung solcher Bewegungsspuren ist wichtig für die Auswertung von Totengesellschaften zur Rekonstruktion von Lebensgemeinschaften, weil sie die Trennung von lebensraumfremden und autochthonen Elementen ermöglicht.

Mit diesem Transport, seinen Spuren und den hieraus möglichen Rückschlüssen sollen sich die folgenden, durch eigene Beobachtungen an Molluskenschalen veranlaßten Untersuchungen näher beschäftigen.

B. Beobachtungen über die postmortalen Veränderungen der Molluskenschalen im rezenten Flachmeer und ihre Gesetzmäßigkeit.

I. Die postmortalen Veränderungen am Strand, auf Riffen und Rinnen.

Die ersten Beobachtungen über Schalenzerstörungen dieser Art machte ich im Sommerhalbjahr 1939 gelegentlich der sedimentologischen Kartierung des Meeresbodens der südlichen Darßer-Schwelle (Ostsee) und der Untersuchungen der Riffzone vor Fischland, Darß und Zingst.* Es fiel mir auf, daß die toten Schalen der einzelnen Proben, welche der Greifer mit dem Sediment heraufbrachte, im Zerstörungszustand (Abschleifung, Zerbrechung) oft sehr bedeutende Unterschiede zeigten. Als ich später zwecks Färbung von Riffsand (zu Feststellungen über Sandwanderung) ein eben in Anlandung begriffenes Riff abgraben ließ, bot sich mir ein großes Schalenmaterial des Riffes zur Untersuchung. Es herrschten in dem Riffsand weiße Schalen von *Cardium edule* und *Mya arenaria* vor; viel seltener waren die blauen Schalenbruchstücke von *Mytilus edulis* und die rosafarbenen Schälchen der *Macoma baltica* vertreten. Fast alles Material war stark geschliffen und gerundet. *Mytilus* zeigte jedoch stärkste kantenfrische Zerbrechungen, was leicht mit seiner dünnen, wenig widerstandsfähigen Schale erklärbar war. *Macoma baltica* hingegen war fast nie zerbrochen; auch Schliff war selten an ihr zu be-

---

* Über diese meeresgeologischen Arbeiten wird in den Schriften des meeresgeologischen Forschungsinstitutes Kiel der Reichsstelle für Bodenforschung berichtet werden.

obachten; zwei Schälchen von ihr waren sogar mit kleinen Grünalgen bewachsen. Doppelklappige Gehäuse fehlten im Riffsand völlig; und dies ist eine Eigenschaft der Riffsande, welche ich immer wieder beobachten konnte und welche sie von Strand- und Rinnensand scheidet.

Der große Unterschied zwischen diesem Zerstörungsbild und dem vom Spülsaum her gewohnten fiel mir auf. Die Spülsäume der Darß-Westküste zeigen meist wenige geschliffene und mehr zerbrochene, vor allem mehr unzerstörte und unangegriffene Schalen. *Macoma* und *Mytilus* habe ich in Spülsäumen ebenfalls niemals geschliffen, aber häufig, besonders durch Vogelfraß zerbrochen, gefunden. *Mytilus* zeigte am Strande meist ganze Schalen, sehr oft noch doppelklappige, welche die Sturmsee von ihren Verankerungen losgerissen und an den Strand geworfen hatte. Ähnlich war es vielfach der *Macoma baltica* ergangen: aus den Tangwäldern von der Kraft des sturmgetriebenen Wassers entführt, lagen die rosigen Schälchen nach sturmreichen Tagen zu hunderten doppelklappig am Ufer. Von Cardien dagegen sieht man im allgemeinen viel seltener doppelklappige Exemplare; nicht häufiger solche von *Mya* und der am Darß an sich seltenen *Scrobicularia piperata*.* Ferner findet sich stets auch eine größere Anzahl postmortal besiedelter Schalen am Strande, welche dem Schalenmaterial des Riffs nahezu gänzlich fehlen.

Die geschliffenen Schalen waren im Riffsand gelegen, sie mußten also wohl mit ihm die Sandwanderung mitgemacht haben. Eine Abschleifung mußte da notwendigerweise eintreten. Ähnlich starke Schliffe ergab das Bohrgut von Unterwasserbohrungen auf den Riffen. Warum aber wiesen dann *Macoma* und *Mytilus* im Riffsand nur äußerst selten Schliff auf? Der einzig denkbare Grund war der, daß diese Schalen, obwohl im Riffsand gefunden, die Sandwanderung nicht in der Form wie *Cardium* und *Mya* mitgemacht hatten. Die Ursache mußte in den Eigenschaften der betreffenden Schalen selbst gesucht werden. Schüttelt man z. B. ein großes Gefäß, in welchem sich Sand und Schalen von *Cardium*, *Mya*, *Macoma* und *Mytilus* sowie Wasser befinden, so wird man sehen, daß die Schalen von *Macoma* und *Mytilus* aufgewirbelt über dem Sand schweben, während *Mya* und *Cardium* am Sandboden verbleiben, wo sie von der treibenden Sandsuspension bespült werden. Die Ursache liegt in der bei *Mytilus* und *Macoma* dem Gewichte gegenüber großen Oberfläche (= Angriffsfläche der Strömung). Durch Messungen der Oberfläche** und Bestimmung des Gewichtes wurden für das Schalenmaterial von der Westküste des Darß folgende Werte ermittelt:***

---

* Dieses eigenartige, artgebundene Verhalten der Molluskenschalen hat H. KLÄHN untersucht und seine Gesetzmäßigkeiten aufgezeigt (KLÄHN 1932).

** Durch Abrollen auf Millimeterpapier.

*** Zu ganz ähnlichen Ergebnissen ist bereits H. KLÄHN (1932) durch umfangreiche Versuche an Nordseematerial gelangt.

Ausgezählte Exemplare	Art	Durchschn. Oberfläche *(O)* mm²	Durchschn. Gewicht *(G)* g	Kennzahl für Schwebefähigkeit $\frac{O}{4\,G}$ *
12	*Cardium edule*	1930	2,85	169
8	*Mya arenaria*.	7258	7,10	255
15	*Mytilus edulis*	1962	1,30	377
20	*Macoma baltica*	330	0,27	305

Wir ersehen aus der Tabelle, daß die Schwebefähigkeit von *Mytilus* und *Macoma*, welche durch das Verhältnis von Oberfläche zu Gewicht gegeben ist, mit der Vergleichszahl 377 und 305 die von *Cardium* und *Mya* mit 169 und 255 bedeutend übersteigt. Der Größe der Zahlen entsprechend finden wir bei anderer Versuchsanordnung — Einleiten eines turbulenten sich verstärkenden Wasserstroms in das Gefäß mit den Schalen — tatsächlich, daß zuerst *Mytilus*, dann *Macoma*, später *Mya* und schließlich *Cardium* zu schweben beginnen. Wir müssen also annehmen, daß jene Schalen, welche eine im Verhältnis zu ihrem Gewicht große Oberfläche haben, infolge der Turbulenz des Seeganges bei Sturm, also gerade dann, wenn der Sand wandert, als Suspension über dem Sande schweben und dadurch dem Sandschliff entgehen können. Bei Wiederabsatz des Sediments sinken die Schalen mit größerer Schwebefähigkeit später ab, so daß also zu der häufigen horizontalen Entmischung noch eine vertikale tritt.

Daß es sich bei diesen Erscheinungen nicht um einen Einzelfall, sondern mindestens um eine Regel handelte, ergab die daraufhin durchgeführte Nachprüfung einiger Profile aus besagtem Riffgebiet durch Greiferproben.

Um besseren Überblick zu gewinnen, wurden mehrere Probenreihen ausgezählt und die Ergebnisse in Diagrammen zusammengestellt. Dabei wurden ausgeschieden:

1. Besiedelte (bewachsene) Schalen (solche also, von denen vorauszusetzen war, daß sie zumindest längere Zeit völlig ruhig und unbedeckt am Meeresboden gelegen hätten, so daß Besiedlung erfolgen konnte — „*bew*“ in den Diagrammen).

2. Ungeschliffene, nicht besiedelte Schalen (welche wohl nicht allzulange am Meeresboden gelegen hatten, sondern im Sande versackt, keiner mechanischen Beanspruchung durch bewegten Sand ausgesetzt waren — „*nge*“ in den Diagrammen).

3. Geschliffene Schalen (welche also durch den bewegten Sand zerstört wurden — „*ge*“ in den Diagrammen).

---

* Nenner zwecks Erlangung kleinerer, übersichtlicherer Zahlen vervierfacht.

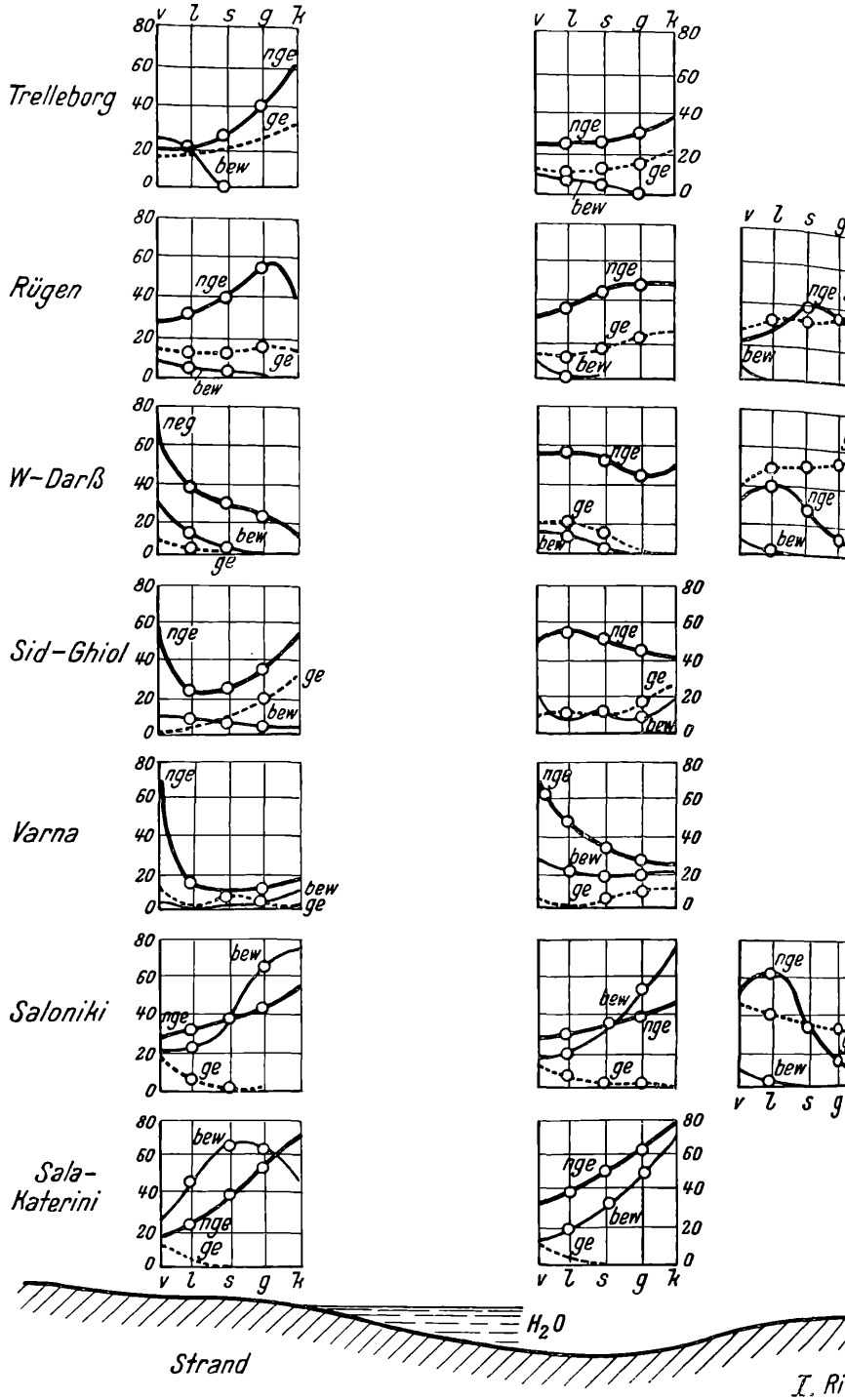
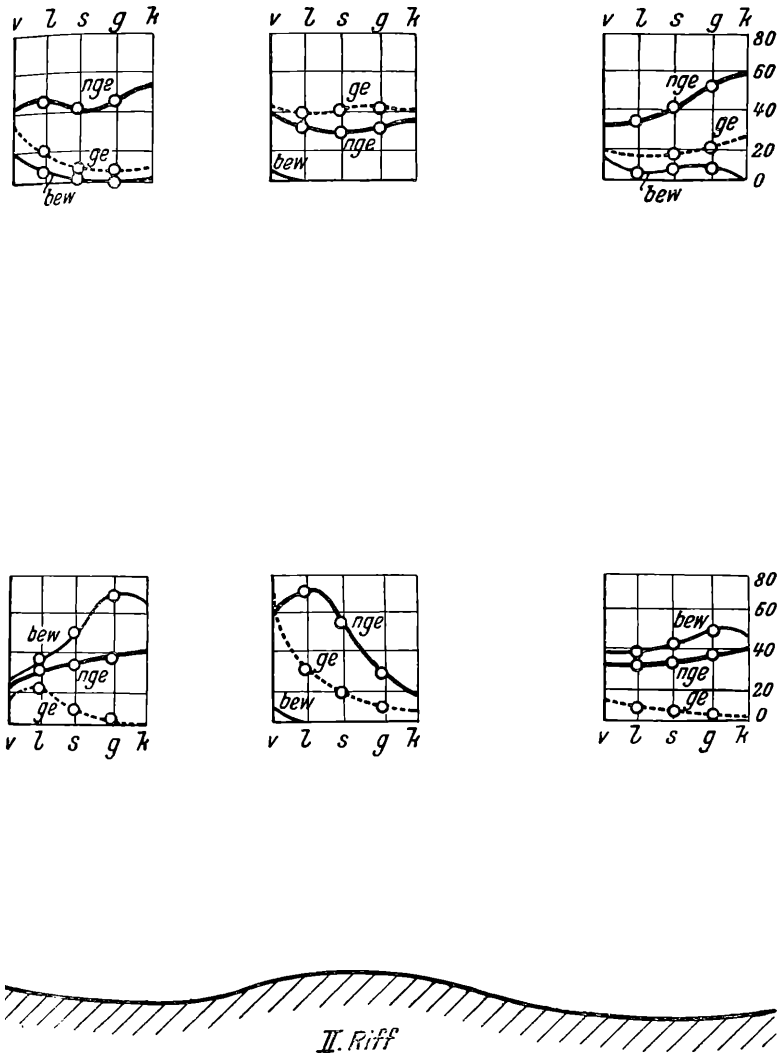

Trelleborg
Rügen
W-Darß
Sid-Ghiol
Varna
Saloniki
Sala-Katerini
v l s g k
nge
ge
bew
neg
H2O
Strand
I. Riff

Abb. 2. Verhalten postmortaler Veränderungen an Molluskenschalen in der Riffzone.

Abhängigkeit des Zerstörungszustandes des Schalenmaterials von der Dynamik der Riffzone. Der Zusammenhang mit der Morphologie der Riffzone ist kein ursächlicher. Morphologie und Zerstörungszustand sind nur verschiedene Äußerungen der gleichen seeischen Kräftegruppe. Die Lage der einzelnen Koordinatensysteme ist in bezug auf ein ideales Riffprofil (unten) zu verstehen. Man beachte besonders das Verhalten des geschliffenen und besiedelten Schalenanteils. Abszissenachse drückt 5 Stadien von links nach rechts zunehmender Bruchzerstörung aus: *v* vollständige Exemplare, *l* leicht beschädigte Exemplare, *s* stark angebrochene Exemplare, *g* große Bruchstücke, *k* kleine Bruchstücke. Die Ordinaten geben die Häufigkeit in ausgezählter Stückzahl. Dick ausgezogene Kurve (*nge*) nicht geschliffene Schalen, punktierte Kurve (*ge*) geschliffene Schalen, dünn ausgezogene Kurve (*bew*) bewachsene Schalen.



Jedes Glied dieser Reihe (besiedelt — ungeschliffen — geschliffen) ergibt nun, in ein Koordinatensystem eingetragen, dessen Abszissenachse eine zunehmende Bruchzerstörung [vollständige (*v*), leicht angebrochene (*l*), schwer angebrochene Exemplare (*s*), große (*g*), kleine Bruchstücke (*k*)] versinnbildlicht und auf dessen Ordinatenachse die Häufigkeit aufgetragen wird, je eine Kurve. Durch die drei Kurven ist das Zerstörungsbild eines Schalenmaterials in den wesentlichsten Zügen festgehalten (Abb. 2).

Wir betrachten zunächst ein Diagramm von der Darß-Westküste. Die Proben wurden entlang einem senkrecht zur Längserstreckung der Riffe gelegten Profil in regelmäßigen Abständen von 5 m entnommen, so daß jeweils etwa 8 Proben je Riff und 8 je Rinne vorlagen, deren Muschelmaterial getrennt nach Riff und Rinne zwecks Auszählung sinngemäß zusammengezogen wurde. Das Sediment der Profile vor dem Westdarß bestand aus Sand, und zwar aus feinem, seitlich in Kies und Schotter übergehenden in den Rinnen, aus gröberem auf den Riffen.*

Der Strand zeigte wenig zerbrochenes Material, mit wachsender Entfernung vom Ufer tritt es jedoch immer stärker hervor und erringt in der dritten Rinne die Herrschaft.** In bezug auf die Verteilung des geschliffenen Materials ergab sich das erwartete Bild, indem auf den Riffen die Häufigkeit der Schliffe größer war als die des nichtgeschliffenen und bewachsenen Materials zusammengenommen. Die im ganzen geringe Häufigkeit der durch *Serpula*, Bryozoen oder *Balanus* postmortal besiedelten Schalen war auf den Riffen noch stärker betont als in den Rinnen. Vergleicht man die Diagramme der Rinnen miteinander, so fällt das mit wachsender Entfernung vom Ufer stärker werdende Übergreifen des Bewuchses auf Bruchstücke ins Auge. Diese Erscheinung geht mit dem obenerwähnten (Fußnote **, unten) Häufigkeitsverhalten der Bruchzerstörung Hand in Hand. Eine gemeinsame Ursache ist daher wahrscheinlich.

Anders liegen die Verhältnisse an der Küste zwischen Saßnitz und Tipperort (Rügen) und am Strande zwischen Trelleborg und Falsterbo (Südschweden). Auf Rügen ist die Riffzone vor der vorspringenden Halbinsel Jasmund zusammengedrängt und schiebt sich gegen die Prorer und Tromper Wiek weiter ins Meer vor. Die Riffe sind sandarm, die Rinnen reich an großem Geröll, welches teils dem Geschiebemergel, teils

---

* Weitere Profile wurden vor Darßerort und vor Fischland gedretscht; an der zweiten Örtlichkeit ging der Rinnensand auch in nackten Geschiebemergelboden über.

** Die in der ersten Rinne noch schwache Bruchzerstörung und ihre Zunahme in der zweiten und dritten Rinne geht Hand in Hand mit der Größe des Gerölls, welche von Grobkies (2 cm ⌀) in der I. Rinne bis Grobschotter (10 cm ⌀) in der II. und III. Rinne schwankt.

dem Kreidekliff entstammt. Der Strand ist stellenweise reiner Blockstrand. Dementsprechend fand sich hier viel zerbrochenes Material (Abb. 2 „Rügen"). Es mag sein, daß ein großer Teil des zerbrochenen Materials hier aber auch auf Vogelfraß (Möven) zurückgeht.

Ganz Ähnliches gilt von der Kreideküste bei Trelleborg: Zwischen den wenig mächtigen Sandriffen liegen grobe Gerölle und Kies. Das Diagramm (Abb. 2 „Trelleborg") zeigt große Verwandtschaft mit dem von Saßnitz-Tipperort. Gelegentlich kommt an diesen Stränden ein relativ hoher Gehalt an geschliffenem Material vor; welche Deutung diesem zugrunde zu legen ist, ist mir nicht recht klar.* Auch hier war wieder eine starke Beimengung von nichtgeschliffenem kleinen Bruch zu beobachten, welcher sicherlich zu einem guten Teil auf Vogelfraß zurückgeht.**

Ein Umstand, welcher sich schon jetzt zu zeigen begann, war das unterschiedliche Verhalten des Strandmaterials. Der Vergleich der drei Diagramme von Rügen (Abb. 2) bekundet weitgehende Übereinstimmung des Materials vom Strand mit dem der I. Rinne. Aber schon beim Profil Trelleborg ist dies nicht mehr in gleich starkem Maße der Fall und das Profil „W-Darß" zeigt überhaupt keine Ähnlichkeit der Bilder von Strand und I. Rinne mehr, außer der einen, welche sich auf das Verhältnis des geschliffenen Materials zum ungeschliffenen bezieht. Die naheliegende Ursache ist die verschiedene Beschaffenheit der Strände in den drei Fällen (Rügen — Blockstrand, Trelleborg — grober Geröllstrand, West-Darß — Sandstrand). Wir schließen daraus, daß mit zunehmender Korngröße des Sediments am Strande das Material der ersten Rinne in wachsendem Maße unverändert übernommen wird. Der Grund für diese Abwandlungen des Zerstörungsbildes der Rinne am Strande muß in den dem Strande eignenden besonderen Transportverhältnissen gesucht werden.

Der Transport geht in Riff und Rinne unter dem richtenden Einfluß der Strömung vonstatten, am Strande jedoch in Form aneinandergereihter Wurfparabeln auf der Ebene des Strandes unter alleiniger Ein-

---

* Es kommt vor, daß durch die Aufarbeitung eines strandenden Riffs ein Schalenmaterial vom Typus der Riffe über eine größere Strecke Strandes ausgebreitet wird, doch erinnere ich mich nicht, an der in Rede stehenden Küste Anzeichen einer solchen Riffstrandung gesehen zu haben. Immerhin ist es möglich, daß ein derartiges Riff weiterab gestrandet war und die Schalen durch „seeische Wanderung" (Tauber 1940) untermischt mit autochthonen hier auftauchten. Auch wäre daran zu denken, daß das Schalenmaterial eines vor längerer Zeit gestrandeten Riffs immer noch am Strande umherwanderte, während das Riff selbst seinen Platz schon lange verschoben hatte.

** Im übrigen zeigt eine Probe vom I. Riff bei Saßnitz (Landebrücke) wiederum hohe Werte für geschliffenes Material, wie dies ja nach den bisherigen Erfahrungen zu erwarten stand.

flußnahme des Auflaufwinkels der Wellen und der Strandneigung. Die rhythmische Hin- und Herbewegung des Wassers, des Schalenmaterials und des Sandes führt zu außerordentlich feinen Saigerungen, von denen auch die Schalen mit ihrem so verschiedenen Schwebevermögen, ihren Größen, Formen und Gewichten auf das stärkste erfaßt werden. Solche Entmischungen freilich können nur dort auftreten, wo glatter Sandstrand vorliegt, auf welchem die brechenden Wellen auf- und abgleiten können. Bei Blockstrand bleiben diese Schalen zwischen den Geröllen liegen und werden nur bei schwerem Seegang weiter an den Strand geworfen. Eine Saigerung tritt da kaum ein. Die in der telmatischen Zone lebenden Tiere sinken dann nach ihrem Tode in die zwischen den Geröllen und Blöcken verbliebenen Fugen und Löcher, etwas fremdes Schalenmaterial wird gelegentlich hinzugespült, aber eine wesentliche Beeinflussung des Gesamtbildes durch Entmischungsvorgänge findet hier nicht statt. Wir werden daher dort, wo Block- und grober Geröllstrand vorliegt, im allgemeinen (Ausnahme siehe S. 464) eine sekundäre Änderung der Zusammensetzung und des Zerstörungszustandes des Schalenmaterials durch die Kräfte des Strandes vermissen, während wir bei glattem Sandstrand eine sekundäre Änderung des Zerstörungsbildes zu gewärtigen haben; diese nicht allein durch Saigerung, sondern auch durch zusätzlichen Strandschliff (durch das Hin- und Hergleiten der Schalen beim Branden der Wellen).

Im Frühjahr 1941 hatte ich Gelegenheit, meine Studien an der W-Küste des Schwarzen Meeres fortzusetzen. Leider verbot die Ungunst der Witterung und die Kürze der zur Verfügung stehenden Zeit ausgedehntere Untersuchungen. Die meist aus kleinen Formen bestehende Aufsammlung *(Mytilus galloprovincialis, M. minimus, Dreissensia polymorpha, Cardium edule, Venus gallina, Trochus turbinatus, Nassa reticulata, Cyclonassa neritea, Littorina neritoides, Rissoa, Hydrobia)*, welche ich an der flachen Sandküste im südlichsten Teil der Nehrung Sid-Ghiol (zwischen Mamaia und Constanza) machte, zeigte wieder nur geringe Übereinstimmung des Schalenmaterials der Strandwälle mit dem der Rinne vor dem I. Riff. Auffällig ist der immerhin recht hohe Hundertsatz des abgeschliffenen Teiles bei den am Strand gesammelten Schalen (Abb. 2 „Sid-Ghiol"). Seine Ursache liegt wohl ebenso wie auch bei dem Schalenmaterial vom Schotterstrand Trelleborgs, in einem selbständigen Strandschliff. Abhängig auch von der Stärke des Seeganges, scheint dieser nur dort ganz zu fehlen, wo die Blöcke des Strandes so groß werden, daß sie von der Kraft der Brandung nicht mehr in Bewegung gesetzt werden können.

Das Fundgut der Bucht von Varna zwischen Varna und dem Leuchtfeuer von Galata ist durch die Häufigkeit von *Dreissensia polymorpha* ausgezeichnet, welche der Provadia dére aus den Djevnia-Seen (Djev-

ninski Liman) mitbringt und dem meerischen Schalenmaterial einverleibt. Zahlreiche stark abgerollte Molluskenschalen entstammen dem Miozän von Galata. Meist haftet ihnen noch das feine, mergelige Muttergestein an (*Pholas*-Schichten und Euxinograd-Mergel, etwa Torton). Ähnlich synwie heterochron-allochthone und aufgearbeitete Molluskenschalen fand ich, zwar seltener, auch bei Konstanza. Die Kleinformigkeit gibt nach obigem (S. 456 und 457) die Erklärung für das so starke Vorherrschen unzerbrochener Schalen (Abb. 6 „Varna"). Der Strand besteht aus Sand und etwas Schotter. Die Frachtsonderung im Strandmaterial ist gegenüber dem Material der ersten Rinne stark. Also auch hier stimmen die Zerstörungsbilder von der Küste des Schwarzen Meeres mit den an der Ostsee gesammelten Erfahrungen überein.

Eine äußerst wertvolle Bestätigung des Verteilungsgesetzes der Zerbrechungs- und Schlifferscheinungen an Molluskenschalen lieferte mir ein umfangreiches Material aus dem Golf von Saloniki. An der östlichen Grenze des Stadtgebietes von Saloniki, am O-Ende des Vorortes Kalameria, waren im Mai 1941 zwecks Gewinnung reinen Bausandes Baggerungen auf dem ersten und zweiten Sandriffe vorgenommen worden. Ergänzt durch eigene Aufsammlungen vom Strande und getauchtes Schalenmaterial aus den Rinnen ergab das Baggergut ein geschlossenes Profil (Abb. 2 „Saloniki"). Die Reichhaltigkeit und der Formenreichtum der Mittelmeerfauna erstreckt sich nicht nur auf die freilebenden Mollusken, sondern auch auf die die toten Schalen besiedelnden Lebewesen, von denen die wichtigsten die sessilen Gastropoden *(Bivonia glomerata, B. semisulcata, B. triquetra, B. intorta, Serpulorbis arenaria)*, einige Würmer *(Serpula, Polydora)*, Balanen, Spongien, Bryozoen und endlich Kalkalgen sind. Die postmortale Zerstörung durch *Cliona*- und *Polydora*-befall hält der durch Kalkabsatz infolge von postmortalem Bewuchs durch Röhrenwürmer, sessile Gastropoden, Bryozoen, Balanen und Kalkalgen bedingten Veränderung der Schalen zahlenmäßig das Gleichgewicht. Diese Bewuchshäufigkeit fällt bei den Mittelmeerdiagrammen (Abb. 2 „Saloniki" und „Sala Katerini") sofort ins Auge, ebenso aber auch, daß sie den Riffen fehlt, in welchen der abgerollte Anteil wesentlich höher liegt als in den Rinnen oder am Strande. War an der Ostsee der Gegensatz von Rinnen- und Riffmaterial im wesentlichen auf Zerbrechung und geringen Sandschliff in jenem, starken Sandschliff in diesem gegründet, so war hier der auffälligste Unterschied zwischen Rinnen- (Strand-) und Riffsediment durch das Vorherrschen besiedelter Schalen auf der einen Seite und das Fehlen des Bewuchses und Auftreten starken Schliffes auf der anderen gegeben. Taf. XII, Abb. 3 gibt eine solche Gegenüberstellung vom Material der ersten Rinne (*B*) mit dem des ersten Riffes (*A*). Beim Schalenmaterial vom Riff fällt sofort das Fehlen des Bewuchses auf. Das ganze Material hat gegenüber den Schalen aus den Rinnen hellere Farbe,

da die Periostraca der Schalen durch den Sandschliff entfernt wurden und nun die meist helle Prismenschicht die Oberfläche bildet. Ähnliche Gegensätze sieht man am Material der Nordsee, auch noch an dem der westlichen Ostsee, während die starke Aussüßung in der östlichen Ostsee für die besiedelnden Organismen zu ungünstige Bedingungen schafft, als daß dort noch ein erheblicher Bewuchs auftreten könnte. In der inneren Kieler Förde, an der Kitzeberger Huk, sammelte ich eine Probe eines Strandwalls, welcher fast nur aus *Littorina littorea* bestand. 59% der Schalen war von *Polydora* angebohrt (Taf. XII, Abb. 4 *B*). In der gleichen Abbildung ist dieser Probe eine von Riffmaterial (*A*) gegenübergestellt, welche von der Oberfläche des zweiten Riffs N Schilksee in der Strander Bucht (in der Kieler Außenförde) gesammelt wurde und fast zur Gänze aus mehr minder schliffzerstörter *Littorina littorea* besteht.

Noch reicher als die Fauna von Saloniki, die einen brackischen Einschlag (Fehlen oder seltenes Auftreten von *Turritella*, *Scalaria*, *Aporrhais*, *Conus*) aufweist, welcher durch die immer stärker werdende Absperrung der Bucht seitens des wachsenden Vardardeltas und die damit verbundene Ausseichtung des Buchteinganges bedingt ist, ist die Fauna von Sala Katerini am NO-Fuß des Olymp. Schon weiter oben (S. 453) wurde dieser Ort seiner besonders reichen Fauna wegen erwähnt. Bei den Diagrammen fällt auf, daß das am Strande gesammelte Material einen Hundertsatz an bewachsenen Schalen birgt, welcher an Größe den des Materials in den Rinnen merklich übertrifft. Die Erklärung wird hier durch die vergleichende Untersuchung des besiedelten Schalenmaterials in der Rinne und am Strande gegeben. Man beobachtet nämlich, daß die an den Strand geworfenen Schalen fast durchwegs von Spongien besiedelt sind, welch letztere die Schalen oft in bizarrer Form umhüllen (vgl. Taf. XII, Abb. 3 *B* unten). Bewuchs oder Besiedlung durch Kalkalgen, Bohrschwämme, Balanen, Bryozoen hingegen findet man vorwiegend in der Rinne, wo die besiedelten Schalen in den Zwischenräumen der Blöcke und Gerölle liegen.*

Die Besiedlung der Schalen ist auch von ihrer Größe abhängig. Kleine Schalen werden leichter bewegt als große, kugelige leichter als kegelige

---

* Daraus ergibt sich folgende Deutung: Bei normalem Seegang kann kein Material aus dem Rinnenblockwerk an den Strand gelangen. Dies gelingt nur bei schwerer See, bei welcher die durch wuchernde Schwämme besiedelten Schalen infolge der um ein Vielfaches größeren Oberfläche und des relativ geringen Gewichtes des Schwammes von der Turbulenz aufgewirbelt und an den Strand geworfen werden können. Hier tritt also trotz Blockstrand eine Frachtsonderung ein, welche allerdings bestimmte biologische Verhältnisse zur Voraussetzung hat (vgl. S. 462) und die Herkunft des Materials von der I. Rinne nicht ganz verschleiern kann. Solche Verhältnisse können aber nicht nur durch Spongienbewuchs herbeigeführt werden: auch Bewuchs durch Mytiluskolonien oder Tang muß notwendigerweise ähnliche Folgen zeitigen.

und diese wieder leichter als flache. Da Besiedlung aber relative Ruhe der Schale und des umgebenden Sediments zur Voraussetzung hat, versteht man, daß unter sonst gleichen Verhältnissen große Schalen häufiger besiedelt sind als kleine, daß Muschelschalen öfter bewachsen sind als normalformige Schneckenschalen. Beobachtungen am Muschelmaterial aus der ersten Rinne vor Sala Katerini und in der Kieler Förde (Heikendorf) ergaben:

Ort	Bivalvenschalen Länge in mm	% besiedelt	Ort	Schalen von *L. littorea* Höhe in mm	% besiedelt
	5—10	5		3—10	3
Sala	10—20	20	Kieler	10—15	33
Katerini	20—35	42	Förde	15—25	63
	35—50	61		—	—

Nicht mitgerechnet wurden selbstverständlich die nach Bewuchs zerbrochenen Schalen (welche aber im Diagramm aufscheinen!), da ihre ursprüngliche Größe fraglich ist. Von Gastropoden waren in Sala Katerini beinahe nur die sessilen und *Murex* besiedelt. Bei *Murex* wird ja durch die langen Dornen eine größere Stabilität erzielt als sonst bei freilebenden Schnecken.*

Eine Beobachtung ist wichtig: Man findet wohl häufig Schalen, welche nun, nachdem sie schon einmal besiedelt waren, dem Strandschliff ausgesetzt sind. Umgekehrt aber habe ich geschliffene und nachher bewachsene Schalen nur äußerst selten in den Rinnen gesehen. Es geht daraus mit Klarheit hervor, daß die Riffe wohl gerne Material von den Rinnen aufnehmen, umgekehrt aber kein Material mehr an die Rinnen abgeben.

Als Sonderform der Riffe haben die Sandbarren auch besondere Zerstörungsverhältnisse. Wie schon oben erwähnt, erlahmt nach vollendetem Aufbau einer Sandbarre die Sandwanderung und damit beginnen lebensgünstige Bedingungen auf der Sandbarre zu herrschen. Das abgelagerte Schalenmaterial wird nur wenig bewegt und unter dem Geflecht der Seegraswiesen wird es schnell besiedelt. So entsteht über einem

* In stillerem Wasser können natürlich auch kleinere Schalen und kugelige Gehäuse besiedelt werden. In der Kieler Innenförde bei Heikendorf z. B. sind schon die kleinen kugeligen Schalen von *Littorina littorea* durch *Polydora* erheblich angegriffen (vgl. obige Tabelle), obwohl gerade bei *Polydora* auch die Schalendicke eine große Rolle bei der Wahl des zu besiedelnden Objekts spielen mag. Es ist aber zu berücksichtigen, daß *Polydora*, welche in die Schale eindringt, gegen die Folgen von Bewegungen der Schale unempfindlicher als oberflächlicher Bewuchs ist, so daß bei *Polydora* die Größe der Schale weniger ins Gewicht fallen mag.

richtigen Riff mit echtem Riffzerstörungsbild eine Lebensgemeinschaft, deren Ablagerungen denen der Rinnen gleicht.

Wie wir sehen, stammen alle Erfahrungen über die Riffzone aus gezeitenlosen Meeren (Ostsee, Schwarzes Meer, Ägäis, Adria zum Teil). Es haben die festgestellten Gesetzmäßigkeiten zunächst auch nur für tidenlose Meere Geltung. Am stärksten wird die Riffzone von Ebbe und Flut beeinflußt und hier werden infolge der rhythmischen Spiegelschwankungen wahrscheinlich Unterschiede von gezeitenlosen (-schwachen) und Gezeitenmeeren zu erwarten sein. Wir dürfen aber vielleicht der Vermutung Ausdruck verleihen, daß Sandbänke und Großrippeln, wenn auch die Gezeitenströme über sie hinweggehen, ja sogar an ihrem Aufbau maßgeblich Teil haben, dennoch ein den Riffen ähnliches Bild ergeben werden, weil der Bewegungsmechanismus von Sediment und Schalenmaterial wohl derselbe ist und durch die Tiden in seinem Wesen nicht geändert wird. Freilich fehlt heute noch eine Bestätigung dieser Vermutung, da die der vorliegenden Untersuchung zugrundeliegende Problem- und Fragestellung neu ist.*

II. Bemerkungen zu den postmortalen Veränderungen in anderen Teilen des Flachmeergebietes.

Über das Verhalten der Schalenzerstörungen in den weiten Sandgründen der Seichtsee außerhalb der Riffzone habe ich nur von der Ostsee persönliche Erfahrungen. Die Zerstörung der Schalen ist am Boden des offenen Meeres durchwegs sehr gering. Schliff ist öfter vorhanden, aber nur ganz geringfügig. Zerbrechung tritt wesentlich häufiger auf, spielt jedoch auch keine größere Rolle. Immerhin sind mechanische Beanspruchungen, und zwar mindestens bis in eine Tiefe von 20 m vorhanden. Dies war in Anbetracht der bis in diese Tiefen korngrößenanalytisch festgestellten Sedimentmischungen zu erwarten. Um die Geschiebemergelaufragungen in der Ostsee mit ihren Findlingsblöcken findet man gelegentlich *Mytilus*-Schillager, deren Schalenmaterial nur wenig zerbrochen ist.

* Daß die Sandschliffwirkung selbst vor zergliederten und von Inseln weitgehend geschützten Küsten sehr stark sein kann, beweist ein großes Schalenmaterial aus dem I. Riff von der Küste der Insel Veglia am Canale di Mezzo im Golf von Quarnero (Adria), welches ich meinem hochverehrten verstorbenen Freunde, Herrn Prof. V. Unger (Wien), verdanke. Es stammt aus der Bucht von Krk und zeigt starke Sandschliffe. Die wenig sandreichen Riffe liegen dort großenteils auf anstehendem Fels der Oberkreide, welche in den Rinnen häufig zum Vorschein kommt. An der besonders großen, von hier stammenden Gastropodenfauna konnten interessante Feststellungen über den Verlauf der Zerstörungen gemacht werden. Über einige der Ergebnisse wird im folgenden noch berichtet werden. Zu beachten ist, daß die dort auftretende Steilküste durch die starke Brandung sicherlich einen erheblichen Anfall an zerbrochenem Schalenmaterial bedingt.

Auf Schlammböden finden Veränderungen der Schalen fast nicht statt. Mechanischen Zerstörungskräften ist das Material hier, in tiefer und geschützter Lage, welche ja die Voraussetzung der Schlickablagerung ist, nicht ausgesetzt. Auch Besiedlung erfolgt kaum, da 1. die besiedelnden sessilen Organismen das seichte, lichtdurchflutete Wasser lieben, 2. die Schalen vielfach tief im Schlamm einsinken und von diesem überdeckt werden. Wenn hier Schalenbruch auftritt, so werden wohl meist durophage Tiere hierfür verantwortlich zu machen sein. Postmortale mechanische Veränderungen treten hier kaum auf.

III. Beobachtungen über Restformen der Schalenzerstörung.

Es ist im vorstehenden immer von Sandschliff die Rede gewesen; dies mit gutem Grund: Diese Schliffe entstehen nämlich tatsächlich nur bei Vorhandensein von Sand. Schotter wirkt zerbrechend auf beigemengte Schalen, feinste Korngrößen wirken dagegen überhaupt nicht in mechanischer Weise auf die Schalen ein. Ja, auch nur gewisse Fraktionen des Sandes haben maßgeblichen Einfluß auf das Zustandekommen des Schleifvorganges. Nach Versuchen von H. Klähn wirken die Korngrößenfraktionen enge um 0,06 mm Durchmesser am stärksten (Klähn 1932). Wo diese wirksamen Fraktionen weitgehend zurücktreten, vermißt man auch die Sandschliffe.

Über die bei der mechanischen Schalenzerstörung entstehenden Formen besteht bereits eine größere Anzahl grundlegender Arbeiten (Pratje 1929, Ehrenberg 1931, 1934, Klähn 1932, Küpper 1933, Papp 1938/39). Dennoch ergaben die angestellten Untersuchungen neue Beziehungen zwischen Form der zerstörten Schale und der Art der die Zerstörung verursachenden Umwelt. Unter Muscheln liefert das schönste Beispiel hierfür *Cardium edule*. Der Mechanismus der Sandschliffzerstörung in Riff und Rinne ist ein verschiedener. Bei der intensiven Durcharbeitung der Schalen mit dem Sand des Riffmaterials erfolgt eine allseitige Anschleifung, ein Schliff der ganzen Oberfläche.

Anders liegen die Verhältnisse in den Rinnen, auch wenn der Unterwasserboden zwischen den Riffen Sandbedeckung trägt. Der Sand zwischen den Riffen wandert ja nahezu nicht. In diesen Sandgebieten kommt es daher zu ganz bezeichnenden Schlifferscheinungen, welche nicht die ganze Schalenoberfläche umfassen, sondern sich vorwiegend an Kanten und Rändern, Wirbeln oder Verzierungen — exponierten Punkten also — äußern, verschieden je nach Form und mechanischem Verhalten der Schalen in bewegtem Wasser. Gerät hier eine Schale in den Sand, so bleibt sie unversehrt und wird nicht, wie es im Riff der Fall ist, an ihrer ganzen Oberfläche gleichmäßig vom Sandschliff bearbeitet. Die Schliffe sind ja auch, wie oben erwähnt, in den Rinnen im

allgemeinen (Ausnahme siehe S. 486f.) wesentlich schwächer und auch seltener (Abb. 2).

Dieser qualitative Unterschied des Schleifvorganges in Riffsand und Rinnensand äußert sich wohl am deutlichsten durch die Formverschiedenheit der Fazettierung der Schalen von *Cardium edule*. Entsprechende Aufsammlungen liegen mir aus Saloniki und von der Ostsee vor. Übereinstimmend zeigen sie, daß die an der Sandoberfläche entstehenden Wirbelfazetten von *Cardium*, wie sie in den Rinnen zur Ausbildung gelangen, das widerstandsfähigere Schloß fast unversehrt lassen, so daß etwa kreisförmige Löcher in der Wirbelregion entstehen (Taf. XIII, Abb. 5, Reihe A). Es ist bezeichnend, daß diese Zerstörungsform von der Lage „gewölbt oben" ausgeht, einer Lage, welche für die Oberfläche der Rinnen typisch ist.

Anders wirkt die allseitige Anschleifung im Riffsand, denn hier macht sich nicht eine bevorzugte Bewegungsrichtung (Kippen um den Wirbel — KLÄHN 1932, PAPP 1938/39) der freiliegenden und durch Wasserströmungen bewegten Schale geltend. Zwar ist der Wirbel als dünnste Schalenregion wiederum der Ort der ersten Lochanlage, dann arbeitet aber der an der ganzen Oberfläche schleifende Sand von zwei Seiten her gegen das Schloß vor, welches denn auch sehr bald durchbrochen wird, so daß die Wirbelfazetten eine mehr oder minder hufeisenförmige Gestalt erhalten (Taf. XIII, Abb. 5, Reihe B). Schon die in der Lochgestalt ähnlichen Anfangsglieder beider Fazetten-Entwicklungsreihen unterscheiden sich durch die verschieden starke Abschleifung der Schloßelemente, welche in Riffsanden weitaus stärker ist (vgl. Taf. XIII, Abb. 5). So ergibt die verschiedenartige Schliffmechanik von Riff und Rinne auch ein differentes quantitatives Verhalten der Fazettenformen, wie es in der folgenden Tabelle wiedergegeben ist.*

	Ausgez. Schalen v. *Cardium edule*	Nicht fazett.	Rundloch-fazetten	Hufeisen-fazetten	
W-Darß	55	72%	7%	21%	I. Riff
	43	87%	13%	0%	I. Rinne
Saloniki	112	61%	9%	30%	I. Riff
	30	90%	8%	2%	I. Rinne

* Es sei hier erwähnt, daß die durch den strukturellen Schalenbau bedingten Festigkeitsverhältnisse der Schale von *Cardium edule* großen Einfluß auf die Gestalt der Fazetten haben. Die Festigkeit der Ostsee-Cardien ist gering, die Fazetten meist eckig und kantig begrenzt, was auf Beteiligung von Bruchzerstörung schließen läßt. Dasselbe ist auch bei *Cardium edule* von der Nordsee zu beobachten, wie ich an einem Material A. PAPPS konstatieren konnte. Bei derselben Muschel aus dem Mittelmeer jedoch ist die Schale zu widerstandsfähig und dicht gebaut (porzellanartig), um der Bruchzerstörung ein geeignetes Objekt abzugeben. Die Fazetten sind hier reine Schliffazetten und daher tadellos rund begrenzt (Taf. XIII, Abb. 5).

Eine größere Vielfalt der Unterschiede zwischen Riff- und Rinnenschliff sehen wir bei den Gastropoden, weil ihre reiche Formengebung eine Fülle von Bauweisen verschiedener Statik in sich schließt. Soweit diese Schliffe im Riff vor sich gehen, spielen allerdings die statischen Verhältnisse des Gehäuses keine Rolle. Die Anschleifung geht ja hier, ohne Rücksicht auf Form, Größe oder sonstige Eigenschaften, an der ganzen Oberfläche gleichmäßig vonstatten. Das Periostracum verschwindet, die Skulptur wird abgescheuert, die Schale vielfach durchgeschliffen, endlich bleibt nur noch die Spindel, falls eine solche vorhanden, übrig. Anders in der Rinne: hier hat die Eigenbewegung der Schale ausschlaggebende Bedeutung für ihre Zerstörung. Die Art der Bewegung ist aber abhängig von Fom und Bau der Schalen. Für ein paar der häufigsten Formentypen wollen wir die charakteristischen Rinnenschliffe beschreiben und zu erklären versuchen.

Turmförmige Gehäuse (Typus: *Turritella*). Häufigste Zerstörungsform ist neben dem Ausbrechen des Gehäuses von der Mündung aus und Abbrechen der Spitze durch Anschlagen an Steine usw. die Durchschleifung der älteren Umgänge, während die jüngeren keinen Schliff zeigen. Es kommen hierdurch Formen zustande, welche in der Mündungsregion völlig unversehrt sind, im älteren Teil aber nur noch Spindel und die Scheidewände der einzelnen Umgänge erhalten haben. Meist ist die Schleifung an einer Seite stärker, und zwar meist gegenüber dem Munde, da die Schalen häufig auf der Mündung liegen (stabile Lage bei fast allen Schnecken) und in dieser Lage oft im Sande teilweise versacken, die aus dem Boden hervorragenden Teile aber mechanisch und chemisch bearbeitet werden. Hier brechen die Umgänge meist auch zuerst durch. Die Durchbrüche pflanzen sich dann allmählich rund um die ganze Schale herum fort.

Die Ursache der Anschleifung der älteren Umgänge ist im Bewegungsmechanismus der toten Schale zu suchen. Rollt eine Schale vor der Strömung, so beschreibt sie zunächst zufolge ihrer konischen Gestalt einen Kreisbogen a um die Spitze S (Abb. 6). Dadurch verlegt sich ihr Schwerpunkt (von P nach P'), während die Spitze S ihren Platz beibehält. Daraus ergibt sich das Bild einer gegen den Wind stehenden Fahne. Die einregelnde Kraft der Strömung befördert nun die Spitze schleifend in einem Kreisbogen b um den Punkt P' über den Sandboden bis in eine der Ausgangslage ähnliche Stellung (S'). Durch dieses Schleifen über den Sandboden werden die Umgänge desto stärker abgenutzt, je näher sie der Spitze liegen, da sie mit wachsender Entfernung vom Schwerpunkt P' = Drehpunkt, größere Strecken über den Sandboden hinschleifend zurücklegen müssen. Dabei tritt außerdem ein seitlicher Versatz V gegen die Seite der Spitze zu auf, welcher eine Tendenz dieser rollenden turmförmigen Gehäuse im Sinne der Strömung seitlich von der

Stromrichtung abzuweichen bedingt. Im seichten Wasser der ersten Rinne kann man bei Sandboden die Schwenkbewegungen und die seitliche Abweichung der turmförmigen Schalentypen schön beobachten.

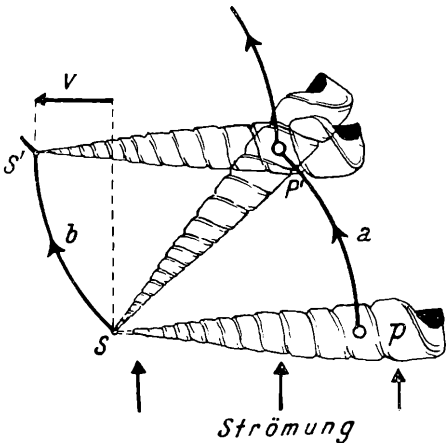


Abb. 6. Mechanismus der Bewegung einer Schale vom Turritellentyp im laminar strömenden Wasser. *S* Spitze, *P* Schwerpunkt der Schale, *V* Größe und Richtung seitlichen Versatzes. *a* Weg des Schwerpunktes bei Drehung um die Spitze, welcher rollend zurückgelegt wird. *b* Weg der Spitze bei Drehung um den Schwerpunkt, welcher schleifend zurückgelegt wird.

Gedrungen kegelige Gehäuse (Typus: *Trochus*). Gegenüber dem Turritellen-Typ, welcher nur eine stabile Lage besitzt, die in der Aufsicht in Abb. 6 dargestellt ist, kommen den gedrungen kegeligen Gehäusen meist zwei stabile Lagen zu, die für *Trochus turbinatus* in Taf. XIII, Abb. 7 wiedergegeben sind. Beiden Lagen entsprechen Schlifferscheinungen. Die in Taf. XIII, Abb. 7 *B* dargestellten kommen zustande, indem die Schale in der Lage *C* am Sande von der Strömung geschleift wird. Der Außenrand der Mündung und vor allem eine Stelle des vorletzten Umganges, welche in der gedachten Fortsetzung des oberen Lippenrandes liegt, werden abgenutzt. Seltener entstehen Durchschleifungen des letzten Umganges. Von Einsiedlerkrebsen bewohnte Schneckenhäuser haben ähnliche Schleifspuren (Taf. XIII, Abb. 7 *A*) (EHRENBERG 1931), welche aber höher am Umgang liegen als der Punkt normaler Auflagerung (vgl. Taf. XIII, Abb. 7 *A* und *B*). Der Lage *AB* (Taf. XIII, Abb. 7) entspricht eine Fortbewegung ähnlich der der turmförmigen Gehäuse, nur ist die Bewegung viel kürzerschwingig. Die Schliffabnutzung betrifft hier wegen der Größe des Winkels: Schalenachse-Bodenfläche (30—45° bei *Trochus turbinatus*, gegenüber etwa 5° bei *Turritella communis*), besonders die Spitze. Diese schleift sich sehr häufig durch. Die geschwächte Spitze bricht ab, da sie infolge der Steilheit der Achse einen guten Teil des Schalengewichtes zu tragen hat; damit ändert sich aber die Lage des Schwerpunktes und in dem Augenblick, wo der Schliff soweit vorgeschritten ist, daß nur noch der letzte, jüngste Umgang übrig ist, geht diese stabile Lage in eine instabile über: Die Schale kippt entweder auf die neuentstandene Fläche oder zur Stellung *C* zurück. Ein weiterer Schliff im Sinne der Stellung *AB* kann nicht mehr erfolgen. Wir erhalten daher aus den Rinnen ganz bezeichnende Reststücke, welche z. B. in einem Material von Krk etwa 60% aller Exemplare von *Trochus turbinatus* ausmachten.

Doppelkegelschalen (Typus: *Conus*). Zerstörungen treten hier vor allem durch Ausbrechen des Mundrandes auf, sind jedoch in Riff und Rinne gleich häufig. Eine starke Abnutzung, ebenfalls gleichartig in Riff und Rinne, erfährt die Zone des größten Umfanges der Schale, da der Schwerpunkt nahe an oder in dieser Zone liegt, so daß diese durch Rollen besonders beansprucht wird. Eine in den Riffen häufiger als in den Rinnen auftretende Zerstörung ist die der Spitze, welche durchlöchert wird; jedoch bleiben diese Löcher meist sehr klein.

Murexförmige Gehäuse (Typus: *Murex*) unterliegen in den Rinnen wenig bezeichnenden Zerstörungen. Abschliff der Hörner ohne Beschädigung der Skulptur zwischen diesen ist für Rinnenschliff bezeichnend. Alle anderen Zerstörungen (Abbrechen der Lippenfortsätze usw.) kommen gleicherweise in Riff und Rinne vor.

Napfförmige Gehäuse (Typus: *Patella*). Ihre Zerstörungsformen wurden durch EHRENBERG (1934) eingehendst an Patellen untersucht. Beobachtungsergebnisse zu unserer Fragestellung liegen nicht vor. Patellen und andere Napfschnecken sind auch meist zu wenig häufig, um sich als Untersuchungsmaterial für statistisch arbeitende Methoden zu eignen.

Die Rinnen liefern aber neben von Form und Statik der Schale abhängigen und daher artbedingten Schlifformen auch Schliffzerstörungen, welche minder abhängig von den spezifischen Eigenschaften der Schalen sind. Schalen geraten sehr häufig, wie schon oben angedeutet, halb in den Sandboden und liegen dann bei der sehr geringen Sedimentbewegung der Rinnen lange Zeit fest. Meist geht dieses Versacken im Sand in einer ganz bestimmten Lage (stabile Lage) vor sich, und zwar ist es gewöhnlich die, bei welcher der Mund (Gastropoden) oder die konkave Seite der Schale (Lamellibranchiaten) dem Boden zugewendet ist. An dem aus dem Sand vorragenden Teile kann aber die geringe oberflächliche Sandwanderung angreifen, schleifen und fazettieren. So sind die außerordentlich häufigen einseitigen Durchscheuerungen der Umgänge bei Schnecken, welche meist gegenüber dem Munde liegen, zu verstehen und der gleichen Entstehung sind viele Beschädigungen durch Durchschleifung der konvexen Seite von Muschelschalen. Diese Beobachtungen hat bereits PRATJE 1929 gemacht, ohne freilich ihr Vorkommen auf Rinnen zu beschränken. In den Riffen ist ein solcher Schliff nicht zu erwarten, da die Durcharbeitung des Sediments zu intensiv ist, um eine Schale in einer bestimmten Lage längere Zeit hindurch zu belassen. Nur noch auf toten Riffen (Sandbarren) ist ein derartiger Schliff möglich. Welche Bedeutung diese Art des Schliffes hat, geht am besten aus Beispielen hervor. Von dem großen, aus Krk stammenden Material von *Columbella rustica* waren 60% in dieser Weise geschliffen.

Organische Zerstörungsarten liefern nur zum Teil bezeichnende

Formen. Schliffe werden auch von Paguriden erzeugt, wobei aber die Schliffe und Durchscheuerungen eine bezeichnende Lage an der Schale einnehmen, welche Ehrenberg (1931) eingehend erforscht hat. Häufiger sind Zerbrechungen, welche durch gewisse muschel- und schneckenfressende Weichtiere (z. B. *Murex*, Cephalopoden), Krebse, Fische und Vögel verursacht werden. Diese Zerbrechungen zeigen in ihrer Gestaltung meist keine Regelmäßigkeiten und können dann von gewöhnlicher Bruchzerstörung, z. B. durch Transport mit Geröllen, nicht unterschieden werden. Doch beobachtet man z. B. häufig am Strande Durchlöcherung der Schalen von *Mya arenaria*, welche als Hackbeschädigung auf Vögel zurückgeht. Solche synmortale Zerstörungen, zu denen auch z. B. die Bohrlöcher von *Natica* gehören, leiten über zu prämortalen Schalenbeschädigungen und prämortalem Bewuchs. Beschädigung durch *Polydora* habe ich einige Male an lebendem *Mytilus edulis* der Kieler Förde beobachtet und man findet nicht selten angebohrte Schalen von dieser Art, bei welchen Schalendurchbrüche von dem Muscheltiere von innen wieder zugekittet worden sind. Die ausgebesserten Stellen treten auf der Innenseite der Schale immer erhaben, oft perlenartig hervor. In diesem Falle kann prä- und postmortale Besiedlung klar unterschieden werden, in anderen Fällen aber ist dies nicht möglich, so z. B. wenn nur die Außenseite der Schale bewachsen ist.

IV. Zusammenfassung.

1. Die Gesetzmäßigkeiten haben für Strand- und Riffzone gezeitenloser Meere Geltung, vermutlich auch für die Sandbänke und Großrippel der Meere mit und ohne Gezeiten (siehe S. 466).

2. Für die Großrippeln gilt wahrscheinlich das für Riffe Gesagte, für die zwischen ihnen befindlichen Rinnen und die Sandbänke das, was von den Rinnen der Riffzone gesagt wird (siehe S. 466).

3. Von dem Augenblick des Todes eines Schalentieres an ist seine Schale Bestandteil des toten Sediments und gleich ihm mechanischen, chemischen und organischen Veränderungen und Zerstörungen unterworfen (siehe S. 455).

4. Die mechanische Zerstörung geht durch Abschleifung (Sandschliff) und Zerbrechung vor sich. Beider Wesen liegt in der Bewegung der Schalen in bezug auf ihre Umgebung. Die Abschleifung geht nur bei Anwesenheit von Feinsand (ca. 0,5—0,05 mm Durchmesser) vor sich (siehe S. 467f.).

5. Die postmortalen organogenen Veränderungen (Bewuchs bzw. Befall) sind an relative Ruhe der zu besiedelnden Schalen gebunden (Ausnahme: Besiedlung durch Paguriden). Die Ruhe ist abhängig von der Stabilität (als Folge von Form, Größe und Gewicht) der zu besiedelnden Schalen und der Kraft des Seeganges (Turbulenz, Strömung; siehe S. 457).

6. Der Zerstörungszustand des Schalenmaterials am Strande steht in Beziehung zu dem der I. Rinne (siehe S. 461).

a) Es wird bei Blockstrand unverändert von der I. Rinne übernommen [wenn nicht organischer Bewuchs die bewegungsmechanischen Eigenschaften des Materials stark verändert, wie dies etwa bei Umwucherung der Schalen durch Spongien, Bewuchs durch Tang oder *Mytilus*-Kolonien der Fall sein kann (siehe S. 464) oder wenn, wie meistens, Zersplitterung der Schalen durch Vogelfraß das Bild wandelt].

b) Es wird bei Sandstrand einer Saigerung und dem Strandschliff unterworfen und zeigt dann oft starke Abweichungen vom Material der I. Rinne (siehe S. 462; der Anteil des geschliffenen Materials steigt, Frachtsonderung nach großen oder kleinen Exemplaren tritt ein).

c) Durch Anlandung von Riffen kann zeitweise Riffmaterial über einen größeren Teil des Strandes verteilt werden (siehe S. 461*).

d) Doppelklappige Muscheln treten häufig auf (siehe S. 456).

e) Molluskenschalen in Lebensstellung fehlen vollständig.

7. Das Zerstörungsbild der Rinnen ist, wenn gleichartiger Rinnenboden vorliegt, gleichartig. Im allgemeinen tritt Sandschliff weitgehend zurück, postmortaler Bewuchs und Bruchzerstörung herrschen (siehe S. 462).

a) Liegt nackter Felsgrund in den Rinnen, so finden mechanische Zerstörungen nur in kleinstem Maßstabe statt. Postmortaler Bewuchs ist je nach Maßgabe der biologischen Verhältnisse relativ stark (siehe S. 453*).

b) Liegt nackter Ton vor, so erfolgt meist Besiedlung durch bohrende Formen. Eine mechanische Zerstörung findet ebenso wie postmortaler Bewuchs selten statt (siehe S. 453*).

c) Liegt Kies- oder Schotterboden in den Rinnen, so herrscht Bruchzerstörung und postmortaler Bewuchs (siehe S. 450).

d) Liegt Sand in den Rinnen, so tritt ein meist geringer Sandschliff bestimmter Art auf. Bruchzerstörung tritt zurück. Der Sandschliff beschränkt sich auf exponierte Stellen der Schalen und ist von den statischen Verhältnissen der Schalen abhängig (siehe S. 467).

e) Doppelklappige Exemplare von Muscheln treten häufig auf (siehe S. 454 und 455).

f) Schalen in Lebensstellung treten gelegentlich auf (siehe S. 454 und 455).

8. Das Zerstörungsbild des Schalenmaterials der Riffe ist gleichartig und durch eine meist starke Sandschliffzerstörung, eine gewöhnlich geringere Bruchzerstörung und das fast völlige Fehlen postmortalen Bewuchses gekennzeichnet.

a) Die Zerstörung des Schalenmaterials ist auf und in den Riffen selbst (siehe S. 450) im allgemeinen am stärksten (innerhalb der ganzen Riffzone).

b) Das Schalenmaterial der Riffe stammt vorwiegend aus den Rinnen. Die Riffe nehmen gerne Material auf, geben aber nur sehr selten wieder Material ab (siehe S. 465).

c) Die Schliffwirkung in der Riffzone ist eine allseitige, an der ganzen Oberfläche angreifende und an das Vorhandensein von Sand wirksamer Korngröße (0,5—0,05 mm Durchmesser) gebunden (siehe S. 467).

d) Riffablagerungen sind durch völligen Mangel an doppelklappig erhaltenen Muscheln gekennzeichnet (siehe S. 456).

e) Schalen in Lebensstellung fehlen den Riffsanden vollständig (siehe S. 456).

9. Schalenmaterial mit einer im Verhältnis zum Gewicht großen Oberfläche wird bei Seegang sowohl über dem Riff als auch in den Rinnen als Suspension über dem Boden weiterbewegt und ist dadurch sowohl gegen mechanische Zerstörung als auch — durch die große Beweglichkeit — gegen postmortalen Bewuchs weitgehend geschützt (siehe S. 457).

C. Die Auswertung fossilen Schalenmaterials.

Wir haben im Laufe der Auseinandersetzungen über Schalenzerstörung und Umwelt gesehen, daß eine große Zahl biologischer, geologischer, sedimentologischer, morphologischer, klimatischer und statischer Faktoren an der Gestaltung des Zerstörungsbildes einer Fauna an einem bestimmten Ort und an der Form der Zerstörungsprodukte arbeitet. Die Diagramme, welche einige wichtigste Verhältnisse veranschaulichen, können aber natürlich nicht alle postmortalen Veränderungen beinhalten. Andererseits brauchen wir nur die Stranddiagramme der Abb. 2 zu vergleichen, um einen schwachen Eindruck von der Vielfalt der Gestaltungsmöglichkeiten von genetisch ähnlichen Zerstörungen zu bekommen. Schon aus diesem Grunde wäre es verfehlt, aus der Ähnlichkeit eines Diagramms mit einem etwa der Abb. 2 sofort auf Gleichartigkeit der Bildung schließen zu wollen. Hier, wie häufig in der Natur, gilt das GOETHEsche Wort: „Eines der größten Rechte und Befugnisse der Natur ist: Dieselben Erscheinungen durch mancherlei Bezüge zu veranlassen.“ Infolgedessen bedarf es in jedem einzelnen Fall einer sorgfältigen Analyse.

I. Ein mittelpannonischer Riffsand von Vösendorf-Siebenhirten (Wien).

Im Werk Vösendorf der „Wienerberger Ziegelfabriks- und Baugesellschaft“ liegt an der südlichen Grubenwand zwischen mächtigen, blaugrauen pannonischen Tonen eine 10—50 cm dicke Sandbank, welche gegen die Seite hin auskeilt. Der Quarzsand ist grau, resch und glimmerreich, die einzelnen Komponenten gut gerollt; die Gleichförmigkeit ist sehr groß, der Sand also stark entmischt. Gerölle treten vereinzelt und bis zu 7 cm maximalen Durchmessers auf. Die wichtigste Korngrößenfraktion ist die von 0,1—0,5 mm. In Linsen ist dem Sand Feinkies eingelagert. Gesteins-

bildend treten hier Fossilien auf; sie machen, wo sie angereichert sind, bis 33 Gewichtsprozent aus. Die Fauna besteht im wesentlichen aus *Congeria subglobosa*, *C. spathulata*, *Cardium conjungens*, *C. apertum*, *C. secans*, *Melanopsis martiniana*, *M. vindobonensis*, *M. bouéi*, *M. pygmaea*. Es handelt sich also um eine teilweise recht großformige Fauna (*Congeria subglobosa*, *Cardium apertum*, *Melanopsis martiniana*), welche außerdem recht dickschalige Formen von *Melanopsis martiniana* und *M. vindobonensis* enthält. Bivalven sind niemals doppelklappig erhalten. Die in Abb. 8 wiedergegebene Statistik erfaßt drei von verschiedenen Punkten der Sandschichten entnommene Proben, welche sich nur wenig voneinander unterscheiden. Die größte Ähnlichkeit zeigt Abb. 8 mit dem Diagramm vom I. Riff des W-Darß (Abb. 2), von welchem es sich im wesentlichen nur durch das gänzliche Fehlen besiedelter Schalen und die geringere Häufigkeit abgerollter kleiner Bruchstücke unterscheidet.

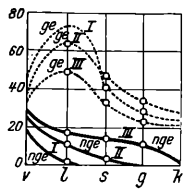


Abb. 8. Zustand der Schalenzerstörung im pannonischen Riffsand von Vösendorf bei Wien. Bezeichnung wie Abb. 2.

Die Analyse der Zerstörungsprodukte ergab folgendes:

Congeria subglobosa. Von dieser Form findet man alle Übergänge von wenig geschliffenen Exemplaren bis zu auf geringe Reste zusammengeschliffenen Stükken, welche eine charakteristische, bohnenförmige Gestalt (*R* in Taf. XIV, Abb. 9) besitzen. Sie gehen aus von der sehr verdickten Oralregion der Schale, welche mehr als das Achtfache der Dicke der übrigen Schale erreichen kann.*

Congeria spathulata. Nur ganz vereinzelte Exemplare sind geschliffen, meist ist diese Congerie auch unzerbrochen.

Cardium conjungens, *Cardium secans.* Nicht selten zerbrochen, Schliffe sehr vereinzelt.

Cardium apertum. Meist zerbrochen, nicht selten geschliffen.

Unio atavus. Meist stark geschliffene Bruchstücke.

Melanopsis martiniana. Meist ist ein weitgehendes Ausbrechen der Mundumrandung zu bemerken. Alle Exemplare zeigen starken Schliff, oft fehlen die Spitzen, Durchscheuerung der Wandung ist sehr häufig. (vgl. Taf. XIV, Abb. 9).

---

* Eine *Congeria subglobosa* aus Inzersdorf bei Wien hatte eine Schalendicke von durchschnittlich 3 mm, die Oralregion jedoch war 25 mm dick. Diese Zerstörungsreste sind vielfach verbreitet und werden häufig an verschiedenen Lokalitäten gefunden. Eine andere Congerien-Restform hat sogar einen eigenen Namen: Es ist die (in unserem Aufschluß nicht vorkommende) *Congeria ornithopsis*, deren stark verdickte Schloßregion eigenartige klauenförmige Reststücke (*„Cong. ungula caprae“*) liefert, wie mir solche aus Brunn am Leithagebirge vorliegen.

Melanopsis vindobonensis. Zeigt vorwiegend Anbrüche und Schliffe vom Mund aus, seltener Durchbrüche der Umgänge oder geöffnete Spitzen.

Melanopsis bouéi. Ist nur selten beschädigt. Hie und da Bruch, noch weit seltener Schliff vom Munde aus.

Melanopsis pygmaea. Zeigt fast immer schwerste Schliffbeschädigung, vor allem Durchbrüche an Umgängen und Schliffe von der Mündung aus.

Diese Zerstörungen (vgl. Taf. XIV, Abb. 9) sind größtenteils offensichtlich durch allseitigen Schliffangriff oder Zerbrechung entstanden. Die den Anteil des ungeschliffenen Materials weit überragende Zahl an geschliffenen Stücken beweist, daß ein Riffsand vorliegt. Diese kurze Charakteristik der Zerstörung der einzelnen Arten legt eine Zweiteilung in vorwiegend unzerstörte oder bruchzerstörte kleine (zum Teil juvenile) Muschel- und Schneckenschalen *(Congeria spathulata, Cardium conjungens, C. apertum, C. secans, Melanopsis bouéi)* und vorherrschend sandgeschliffene *(Congeria subglobosa, Unio atavus, Melanopsis martiniana, M. vindobonensis, M. pygmaea)* nahe, wobei auffällt, daß zu der ersterwähnten Gruppe vor allem Cardien, zur zweiten vorwiegend Melanopsiden gehören. Wir schließen daraus, daß die Melanopsiden im Gegensatz zu den Cardien die Sandwanderung des Riffs mitgemacht haben. Wenn wir den Liegend- und Hangendtegel untersuchen, finden wir darin häufig die genannten Lamellibranchiaten, während die Melanopsiden ausgesprochen selten sind. Diese haben ihr Lebensoptimum in strandnahen Sanden, wo sie stellenweise in großer Häufigkeit aufzufinden sind (z. B. Sandgrube Leobersdorf, Eichkogel-Richardshof bei Mödling). Wir müssen also annehmen, daß die zahlreichen Melanopsiden des Riffs aus Strandnähe hierher entführt wurden. Auf diesem mindestens 4—5 km weiten, wahrscheinlich aber um ein Vielfaches längeren Weg wurden die Schalen stark geschliffen, zum Teil auch während des Schliffes zerbrochen. Zwischen den Riffen aber lag der Ton- und Schlickboden des liegenden Tegels; auf und in ihm lebten die Cardien und wahrscheinlich auch die dornverzierte *Melanopsis bouéi.* Ein großer Teil der toten Schalen wurde auch ins Riff aufgenommen (wie wir Ähnliches bereits an rezentem Material festgestellt haben; vgl. S. 474) und infolge ihrer im Vergleich zu den Melanopsidenschalen sehr geringen Widerstandsfähigkeit gegen Schlagbeanspruchung durch das Geröll größtenteils zerbrochen, ohne aber noch erheblich geschliffen zu werden. Die kleinen und leichten, juvenilen Schälchen, besonders der Congerien und Cardien mit ihrer großen Schwebefähigkeit aber haben als Suspension über der Schleifmühle des Riffs geschwebt und sind unversehrt geblieben. Die Gerölle, welche in den Schottern auftreten, sind gut gerundet, kleinere Hornsteingerölle öfter auch poliert. Häufig sind Gerölle von reich fossilführendem Pannonkonglomerat, welche be-

weisen, daß sich dieses Riff bei einer Tieferlegung des Wasserspiegels gebildet haben muß, die die älteren pannonischen Sedimente des Beckenrandes in den Emmersionsbereich brachte. Daß es sich nicht um eine Hebung der Beckenumrandung handelte, zeigt eben das Auftreten eines Riffs, welches sich ja nur unter seichter Wasserbedeckung bilden konnte.

II. Eine tortone Rinnenbildung von Soos-Vöslau (N.-D.).

Ein nicht minder fossilreicher Sand als der eben geschilderte tritt im Ziegelwerk Vöslau (ehemals Breyer) auf. Die Aufschlüsse sind heute an dieser Lokalität sehr schlecht. Die Grube ist fast ganz von Wasser erfüllt. Ihr westlicher, einstmals landwärtiger Teil schließt Tegel auf; ihr östlicher den zu besprechenden Geröllsand. Genaue Beschreibungen und Photographien dieses heute nur noch zum Teil sichtbaren Profils geben STUR 1874, SCHAFFER 1907, 1927. Nach diesen scheidet eine etwa 30° O einfallende, N-S-streichende Verwerfung einen westlichen, aus relativ homogenem blauem Ton bestehenden Teil von dem abgesunkenen östlichen Teil, der von oben nach unten aus folgenden Schichten besteht:

1 m Humus und diluvialer Kalkschotter.

2—3 m Sand fest, tegelig, bräunlichgelb, mit wenigen tortonischen Conchylien.

5 m Sand, dunkelblaugrau, tegelig, gegen die Verwerfung hin auskeilend, oben feiner, gegen die Tiefe zu übergehend in

Schotter, grob, zum Teil zu Konglomerat verfestigt, aus Flysch und Kalk bestehend, mit vielen Conchylien, gegen die Verwerfung zu auskeilend.

Mindestens 8 m Tegel, fett, plastisch, blaugrau.

Die mineralischen Komponenten des in Rede stehenden Sediments sind Gerölle und Sand. Die Gerölle haben Größen von 20—0,5 cm Durchmesser. Die Fraktion 5—1 mm tritt stark zurück. Der Sand wird vorwiegend von der Fraktion 0,5—0,1 mm gebildet. Der Schotter besteht teils aus Flysch- oder Gosausandstein, teils aus alpinen Kalken und Dolomiten. Die Kalzitadern der großen Sandsteingerölle zeigen vereinzelt die schwammartige Durchlöcherung durch *Cliona*. Noch seltener sind die Kalkgerölle — wohl infolge ihres meist mehr oder minder großen Dolomitgehaltes — von *Cliona* befallen. Bei Dolomitgeröllen habe ich *Cliona*-Befall nie beobachten können.* Häufiger sind von *Lithodomus* angebohrte Kalkgerölle zu finden, doch zeigen alle diese Gerölle starke Abrollung oder Abschleifung nach erfolgtem Befall, so daß meist nur die innere Hälfte der Bohrlöcher erhalten ist. Aus der Tiefe der erhalten gebliebenen Bohrlöcherreste sowie aus deren Durchmesser schließt man, daß (in engen Grenzen schwankend) etwa 0,5 cm allseitig abgeschliffen

* Es hängt dies anscheinend mit der geringeren Löslichkeit des Dolomits durch Säuren zusammen.

wurden. Solche Schliffwerte können bei Kalkstein in geologisch kürzester Zeit* erreicht werden. Sandschliff im Riff oder am Strande ist jedoch Voraussetzung für ihr Zustandekommen.

Lithodomus ist eine in Strandnähe an felsiger oder schotterreicher Küste bohrende Form. Aus den Funden von durch *Lithodomus* angebohrten Geröllen, 1 km von der alten Steilküste des Wiener Seegebietes entfernt, schließen wir daher auf einen stattgehabten Transport von Geröllen in See, welcher nach unseren bisherigen Erfahrungen nur in Riffen möglich ist. Mit diesem Transport bringen wir die Abschleifungen der Schotterstücke in ursächlichen Zusammenhang. So zeigt uns der minerogene Teil des Sediments eine episodische Ausdehnung der Riffzone auf früher tiefere Schlickgründe an, ja er scheint durch das Auftreten von Riffmaterial (angebohrte und dann abgeschliffene Schotter) sogar auf eine Riffbildung hinzudeuten. Wir wissen aber, daß bei dem dünenartigen Hin- und Herwandern der Riffe gerne gerade das grobe Riffmaterial, also Schotter, teilweise zurückbleibt, so daß die zwischen den Riffen liegenden Rinnen einen Boden aus Riffschottern erhalten (Schotterrinnen, vgl. S. 450). So muß — nachdem durch den nachgewiesenen Transport des Schotters in See und durch die große Entfernung des Fundortes von der tortonischen Küste eine Strandbildung ausgeschlossen werden kann — die Entscheidung ob Riff- oder Rinnenbildung bei der Analyse des Zerstörungsbildes der organogenen Sedimentkomponente liegen.

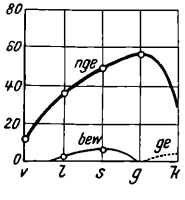


Abb. 10. Zustand der Schalenzerstörung in einer tortonen Schotterrinne von Soos-Vöslau bei Baden (N.-D.). Bezeichnung wie Abb. 2.

Tegel, Sand und Schotter dieses Aufschlusses führen reichlich Fossilien, besonders Sand und Schotter sind ganz erfüllt von diesen. Während sich im Tegel neben zerbrochenen sehr viele gut erhaltene Schalen jeder Größe finden, ist es ein fast aussichtsloses Beginnen, in Schotter und Sand unversehrte größere Exemplare zu suchen. Alles große Material ist hier zerbrochen. Massenhaft liegen kleine und große Scherben wirr zwischen den Rollstücken im Sand und nur kleine, wenn auch zarte Schälchen liegen unversehrt unter den Scherben.

Auszählung und Darstellung des Zerstörungsbildes zeigt im einzelnen folgende Verhältnisse (Abb. 10): Zerbrechungen herrschen weit über alle anderen Zerstörungsarten. Die Bruchzerstörungen werden von den zerbrechenden Kräften bis zur Zerkleinerung zu großen Bruchstücken, welche auch den hauptsächlichen und am stärksten in die Augen fallenden

* Ein künstlich gefärbter, lockerer Kreidekalk von Rügen wurde an der Darß-W-Küste durch Strandschliff in zwei Monaten um etwa 3 mm abgeschliffen. Die Farbe (Rhodaminrot) war in ihrer vollen Kraft nur noch in Eindellungen des Gerölles zu sehen. Die Eindringungstiefe der Farbe war ca. 5 mm.

organogenen Bestandteil des Sediments bilden, getrieben. Kleine Bruchstücke treten an Zahl zurück. Wenig und stark angebrochene Schalen sind, allerdings selten, die Wohnstätten von molluskenschalenbefallenden Organismen *(Cliona, Polydora)*. Die Schalen zeigen vielfach eine erst nach dem *Polydora*-Befall erfolgte Zerbrechung an. Geschliffene Schalen sind ausgesprochen spärlich. Man findet kaum eine einzige geschliffene Schale und nur ganz ausnahmsweise abgeschliffene Bruchstücke. Der Vergleich der Abb. 10 mit den Diagrammen der Abb. 2 ergibt eine unverkennbare Ähnlichkeit mit den Bildern von Strand und Rinne von Rügen sowie mit denen der Rinnen vom W-Darß.

Obwohl wir schon durch die Untersuchung der minerogenen Sedimentkomponente die Möglichkeit einer Strandbildung ausschließen konnten, befremdet uns die starke Ähnlichkeit des Zerstörungsbildes mit dem vom Strand von Rügen nicht, denn wir wissen (S. 474), daß das Material des Strandes und ganz besonders das des Blockstrandes — und um einen solchen handelt es sich ja auf Rügen — im wesentlichen ein Abkömmling des Rinnenmaterials ist. So wird schon durch die reine Ähnlichkeit des Zerstörungsbildes in unserem Schottersand mit solchem rezenter Rinnen die Deutung als Rinnensediment nahegelegt. Gegen eine Deutung als Riffsediment spricht ganz besonders das — trotz Vorhandensein von schleiffähigem Sand — so starke Zurücktreten geschliffenen Materials.

Wie das Fehlen der Schliffe beweist, kann das Schalenmaterial nicht die Wanderung mit dem Schotter und Sand mitgemacht haben. Die Schalen sind also autochthon oder parautochthon. Die Zerbrechungen müssen an Ort und Stelle vor sich gegangen sein. Für solche Zerbrechungen haben wir schon oben (S. 450) das Schlagen der Gerölle bei Seegang in den Rinnen verantwortlich gemacht. Dazu ist freilich eine gewisse Intensität der meerischen Kräfte notwendig, welche nur in nicht tiefen Rinnen erzielt werden kann. Die kleinen und leichten Schälchen aber schwebten bei starkem Seegang turbulent über dem Geröll und blieben daher im Gegensatz zu den großen Formen unversehrt: „Diese sandigen und besonders schotterigen Lagen sind von Conchylienschalen erfüllt, die großenteils zerbrochen sind Und zwar ist auffällig, daß gerade die dickschaligen Formen, die großen *Conus*-Arten, *Cardium*, *Axinea*, *Lucina*, *Venus*, *Pecten* usw. zerbrochen, die zarten Gehäuse dagegen meist vortrefflich erhalten sind.“ (Schaffer 1907.) Später setzten sich über diesen Schotterbildungen bei abnehmender Intensität der meerischen Dynamik Sand, schließlich toniger Sand und Ton ab.

Mit dem Wechsel der Lebensbedingungen, welcher sich durch die episodische Ausdehnung der Riffzone über die Schlickgründe der früher tieferen See einstellte, änderte sich auch von Grund auf die Zusammensetzung der Fauna. So findet man im blauen Liegend- und gelben

Hangendtegel folgende Zusammensetzung der Fauna (berechnet nach Schaffer 1907): 43 Gastropoden, 8 Lamellibranchiaten, 2 Scaphopoden, hingegen liefert eine Auszählung der im Schotter vorhandenen Arten nach derselben Quelle 19 Gastropoden, 19 Lamellibranchiaten, 0 Scaphopoden.

Von den 19 Bivalvenarten der Schottersande sind 12 grabend, 2 sessil, die übrigen vorwiegend pflanzenliebend. So gibt uns auch die Biologie dieser Lebensgemeinschaft einen Hinweis auf die Art der Bildung: Das Vorherrschen grabender Mollusken setzt ruhiges Sediment voraus, das Auftreten phytophager Formen Pflanzenwuchs, welcher, wie wir ja schon oben (S. 452) festgestellt haben, an ruhiges Sediment, also an Rinnen gebunden ist. Gleiches besagt die Gastropodenfauna: Unter den Schnecken herrschen die Pflanzenfresser; schlamm- und fleischfressende treten ebenso wie die sessilen Formen zurück.

An Hand dieser Erkenntnisse und der Faunenzusammensetzung können wir nun Lebensraum und Lebensbild rekonstruieren:

Gelegentlich einer positiven Bewegung des Seespiegels gelangten die meeresdynamischen Kräfte des Seichtwassers auch in den Schlickzonen ehemals tieferer, dem Sublitoral benachbarter Seeteile zur Auswirkung. Schotter und Sande des Strandes wurden von Riffen erfaßt und über die Flachseeschlicke transportiert und begannen dort die abwechslungsreiche Morphologie der Riffzone zu schaffen. Die artenreiche Gastropodenfauna der Schlickgründe wurde vertrieben oder vernichtet und eine individuenreiche Bivalvenfauna entwickelte sich über den mit Wasserpflanzen besiedelten Schottersanden der Rinnen. Zahlreichen grabenden und phytophagen Muscheln und Schnecken stehen nur drei sessile gegenüber. Das besonders bei einer Individuenauszählung auffallende Zurücktreten der sessilen Bivalven (*Ostrea digitalina* und *Anomia costata*) — von sessilen Gastropoden tritt nur *Vermetus intortus* auf — deutet auf starke Bewegung der Schotter (daher auch die starken Zerbrechungen) und damit auf seichtes Wasser.

III. Eine subfossile Sandbankablagerung von Varna.

Die Djevnia-Seenreihe bei Varna ist eine verlandete, fördenartige Bucht des Schwarzen Meeres, zum Teil ausgefüllt von den Sedimenten des Provadia und abgeschnitten vom offenen Meere durch eine subfossile marine Alluvion, welche heute nur vom Provadia deré, dem Ausfluß der Djevniaseen, durchbrochen wird. Aus diesen subfossilen marinen Sanden liegt mir eine 1936 von Prof. K. Ehrenberg (Wien) gesammelte Probe vor, welche mir der eben genannte Direktor des paläontologischen und paläobiologischen Institutes der Universität Wien in liebenswürdigster Weise zwecks Bearbeitung zur Verfügung stellte.

Die minerogene Sedimentkomponente besteht aus Sand und Geröllen,

beide unzweifelhaft dem an der Küste anstehenden Tertiär entstammend. Bei der Korngrößenanalyse fällt auf, daß das Material zwei Maxima (bei mittlerem Sand und bei Geröllen von 10—20 mm Durchmesser) besitzt, während vermittelnde Korngrößen stark zurücktreten.

Die Fauna besteht vorwiegend aus *Mytilus galloprovincialis*, *M. minimus*, *Dreissensia polymorpha*, *Ostrea* sp. *Cardium edule*, *Venus gallina*, *Lucinopsis undata*, *Capsa fragilis*, *Mactra solida*, *Tellina planata*, *Nassa reticulata*, *Cyclonassa neritea*, *Trochus turbinatus*, *Bittium reticulatum*. Diese Fauna dürfte einen, im Vergleich zur heutigen Fauna der Bucht von Varna, größeren Salzgehalt anzeigen. Sie ist kleinformig und die Schalen machen im ganzen den Eindruck großer Zerbrechlichkeit.

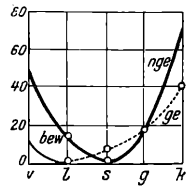


Abb. 11. Zustand der Schalenzerstörung in einer subfossilen Sandbarrenablagerung von Varna. Bezeichnung wie Abb. 2.

Die Statistik (Abb. 11) zeigt auffällige Übereinstimmung mit dem Diagramm des Zerstörungsbildes vom Strande von Sid-Ghiol in Abb. 2. Unterschiede beziehen sich auf stärkere Sonderung des bruchzerstörten Materials und auf geringeren Bewuchs im Sediment unseres Fundortes, also auf mehr untergeordnete quantitative Differenzen. Wir können also für beide Sedimente ähnliche Entstehungsbedingungen annehmen, in welchem Falle eine Veränderung des ursprünglichen Zerstörungsbildes durch Saigerungen und Frachtsonderungen — wie wir diese oben (S. 462) vom Sandstrand Sid-Ghiols bereits beschrieben haben — in besonders hohem Maße zu gewärtigen ist. Diese Vorgänge können aus einem einfachen Zerstörungsbild sehr gut das der Abb. 11 prägen. Doch gehören Strandbildungen (Strandwälle, Spülsäume usw.) zu den vergänglichsten der meerischen und seeischen Bildungen. Erstens, weil sie von den bildenden Gewässern in der Regel bald wieder zerstört werden und zweitens, weil sie bereits in der Zone atmosphärischer Einwirkungen (Wind und Regen) liegen und von diesen bei einer Senkung des Meeresspiegels sofort zerstört, bei einer Hebung des Meeresspiegels aber vom Meere selbst aufgearbeitet und vernichtet werden. Es sind meines Wissens keine Bildungen des Strandes (Vorstrandes) bekannt, welche älter als jungdiluvial sind (Ostseegebiet). Es ist daher sehr unwahrscheinlich, daß wir es im vorliegenden Falle mit einer Strandbildung zu tun haben,* und alle

---

* Es ist im vorliegenden Falle weniger wichtig, ob die Probe aus einer einzelnen oder aus zwei unmittelbar benachbarten Schichten entnommen wurde, weil hier durch die geologischen Verhältnisse von den zwei Ausdeutungsmöglichkeiten des vorliegenden Diagramms (Abb. 11) nur eine wahrscheinlich erscheint. Aber nicht immer liegen die Verhältnisse so klar, und ohne die Entstehungsgeschichte dieser jungen Ablagerung zu kennen, wäre es nicht möglich zu entscheiden, ob nicht vielleicht eine durch Küsten-

Wahrscheinlichkeit hat die folgende Deutung für sich. Untersuchen wir Abb. 11 näher, so sehen wir folgendes: Auf der einen Seite sind Zerbrechungs- und Schlifferscheinungen bei „*k*“ (kleine Bruchstücke) häufig, auf der anderen Seite sehen wir viele unversehrte Schalen, während entsprechende Übergangsglieder (leicht- und stark beschädigte Schalen) fast völlig fehlen — eine auffallende Parallele zu dem Befund der Korngrößenanalyse des minerogenen Sedimentanteiles. Wenn — wie nach Ausschluß der Möglichkeit einer Strandbildung wahrscheinlich — dieser Verlauf der Kurve der bruchzerstörten Schalen primär ist, deutet er auf einen Wechsel in den Entstehungsbedingungen des Sediments. So können wir uns vorstellen, daß er zwei aufeinanderfolgende Entwicklungsstadien ausdrückt. Im rechten Bildteil sehen wir sehr viel geschliffenes, und zwar — wie aus dem allseitigen Schliff folgt — riffzerstörtes Material, daneben sehr viel bruchzerstörte Schalen; eine Zusammensetzung also, wie wir sie besonders von den landferneren Riffen (zweites Riff vom W-Darß und Saloniki, Abb. 2) her kennen. Der linke Bildteil weist nur sehr wenig geschliffene Schalen, viele vollständige Exemplare und etwas besiedeltes Material auf. Dies ist ein Bild, wie wir es von den Rinnen (z. B. Rinne von Varna, Abb. 2) her kennen. Nun kann sich natürlich ein Riff nicht in eine Rinne verwandeln, wohl aber kann ein Riff durch Lahmlegung der Sandwanderung rinnenähnliche Lebens- und Zerstörungsbedingungen erhalten. Solche tote Riffe, „Haken“, Sandbänke kennen wir aus Anlandungsgebieten (S. 450). Diese Deutung harmoniert auch mit der regionalen Entwicklung des Gebietes, welches ja durch marine Anlandung entstanden ist.

Das biologische Bild der aus nicht der Zerstörung anheimgefallenen Formen bestehenden Fauna, welche hauptsächlich aus phytophagen und grabenden Formen besteht, deutet auf ein Lebensgebiet mit reichlichem Pflanzenwuchs und geringer Sandwanderung. Das Zurücktreten sessiler Formen dürfte mehr auf das Fehlen besiedlungsfähigen Materials als auf sonstige ungünstige Verhältnisse zurückzuführen sein.

IV. Ein tortoner Rinnensand von Nußdorf (Wien).

An der Kahlenbergstraße im XIX. Wiener Gemeindebezirk war durch eine Fundamentgrabung zwischen detritären tortonen Leithakalkmassen eine durch Kalk locker verkittete Grobsandschicht von etwa 20 cm Mächtigkeit aufgeschlossen. Die an der Zusammensetzung am stärksten beteiligten Korngrößenfraktionen liegen zwischen 0,5 und 5,0 mm.

---

abbruch mobilgemachte Sandbank, also eine Umkehrung des oben beschriebenen Entwicklungsganges vorliegt. Wir haben daher im fossilen Fall bei der der statistischen Auswertung dienenden Probenentnahme strenge darauf zu achten, daß das Material jeweils nur aus einer einzelnen Schicht stammt, ferner auf das Sediment und sein Gefüge und die Möglichkeit vertikaler Entmischungen Rücksicht zu nehmen.

Nesterweise findet sich feiner Quarzsand oder mürber Sandstein dazwischen. Gerölle kommen nur vereinzelt und bis 7 cm maximalen Durchmessers vor.

Die Fauna besteht vorwiegend aus *Pecten*, *Ostrea*, *Spondylus*, *Axinea*, *Panopaea*, *Cardium*, *Solen*, unter den Gastropoden sind besonders *Turbo*, *Cancellaria*, *Cassis*, *Conus* und *Pyrula* häufig. Ferner tritt *Schizaster* häufig auf. Abgesehen von *Pecten*, *Ostrea*, *Spondylus* und den Echinodermenresten sind die Fossilien in Form von Steinkernen und Abdrücken überliefert. Außerdem sind fast faustgroße Bryozoenstöcke und Überrindungen von Steinen und Schalen durch *Lithothamnium ramosissimum* häufig. Infolge des starken Überwiegens großer dickschaliger *Pecten*- und Austernarten macht die Fauna den Eindruck der Dickschaligkeit; auch *Axinea*, *Cassis* und *Conus* waren, wie die großen Hohlräume zwischen Steinkernen und Abdrücken beweisen, recht dickschalig. Trotzdem herrscht bei weitem Bruchzerstörung, welche als Ergebnis ein Vorwiegen kleiner Bruchstücke aufweist (Abb. 12). Auffallend ist ferner ein starker Bewuchs und Befall der großen erhaltenen und beschädigten Schalen, welcher mit dem Kleinerwerden der Schalenbruchstücke stark abnimmt. Am postmortalen Bewuchs sind besonders Bryozoen, *Lithothamnium* und *Polydora*, minder stark auch *Serpula* und *Vioa*, beteiligt. Schliff tritt zurück und ist besonders bei kleinen Bruchstücken selten. Der Vergleich von Abb. 12 mit den Diagrammen der Abb. 2 zeigt — vor allem infolge des ähnlich großen Anteils an bewachsenem Material — enge Beziehungen zu den Zerstörungsbildern der Rinnen von Saloniki und des Strandes von Sala Katerini. Der Verlauf der Bewuchskurve in Abb. 12 hat allerdings einen anderen Verlauf wie die entsprechenden Kurven in Abb. 2; doch ist der Kurvenverlauf in seiner Abhängigkeit von biologischen und meeresgeologischen Faktoren bisher erst teilweise erkannt und wohl auch von untergeordneter Bedeutung. Im ganzen besteht also Ähnlichkeit mit Zerstörungsbildern von Rinne und Strand, wobei zu berücksichtigen ist, daß Sala Katerini Blockstrand besitzt (S. 453**), von dem wir wissen, daß sein Zerstörungsbild im wesentlichen unverändert von der I. Rinne übernommen wird (S. 473). Weitere Untersuchungen bestätigen die Rinnennatur dieser Ablagerung. Die Tatsache, daß besonders *Cardium*, *Solen*, *Tellina* und *Venus* oft doppelklappig aufgefunden wurden, ist ein Beweis, daß relativ ruhiges Sediment die Schalen umschlossen hielt. Doppelklappige Schalen treten in Riffsedimenten nicht auf (S. 474). Hinzu kommt, daß *Solen* öfters in Lebenslage aufgefunden wurde. Dasselbe gilt von *Schizaster*, welcher trotz seiner sehr zerbrechlichen dünnen Schale, von der wohl auch lose Bruch-

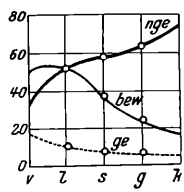


Abb. 12. Zustand der Schalenzerstörung in einem tortonischen Rinnensand von Nußdorf (Wien). Bezeichnung wie Abb. 2.

stücke zu finden sind, einige zwar gequetschte aber vollständige Exemplare lieferte. Anscheinend wurden die Schalen dieses in schlickigem Sand grabenden Echiniden nach dem Tode in Lebensstellung von Sand ausgefüllt, ohne erst an die Oberfläche seines Lebensmediums zu gelangen, wodurch die Schale vor weiteren Zerstörungen bewahrt blieb. Nicht selten findet man Ausfüllungen etwa fingerdicker Röhren im Sediment, welche wohl auf die Grabröhren dieses Seeigels zu beziehen sind (vgl. Zapfe 1935).

Wie wir bereis wissen, ist die Erhaltung derartiger Lebensspuren sowie die Erhaltung der Lebenslage in Riffbildungen nicht möglich (S. 474). Aber auch von den Bildungen des (Vor-) Strandes (Strandwälle, Spülsäume) wissen wir, daß Mollusken in Lebensstellung in ihnen nicht auftreten können (S. 473). So bleibt nur noch die Deutung als Rinnenbildung als einzig mögliche und einzig richtige übrig.

Weitere Beobachtungen helfen uns die Rekonstruktion des Lebensraumes weiter auszugestalten: Wie schon oben, werden wir auch hier für die starke Bruchzerstörung bei schwerer See schlagende und kollernde Gerölle verantwortlich machen. Daß die Strömungen in der Rinne zuzeiten sehr kräftig gewesen sein müssen, ergibt sich auch daraus, daß selbst handgroße dicke und schwere Schalenbruchstücke großer Pectiniden häufig beiderseitigen Bewuchs, besonders durch *Lithothamnium*, aufweisen, also wohl bei stärkerem Seegang gewendet worden sein müssen. Eine reiche grabende und schlammfressende Fauna deutet auf Nährstoffreichtum des sandigen Bodens, einige phytophage Molluskenformen zeigen Vegetation an. Das wenige geschliffene Material mag aus den benachbarten Riffen stammen. Typische Rinnenschliffe konnten jedoch an dem mangelhaft erhaltenen fossilen Material nicht nachgewiesen werden.

Wir rekonstruieren aus diesen Verhältnissen eine landnahe und daher gelegentlich von stärkeren turbulenten Strömungen durchflossene Rinne mit Sand- und Schotterboden, welche einer reichen grabenden Bivalvenfauna und einer nicht minder abwechslungsreichen sessilen Lebewelt als Lebensraum dient. Der reichliche postmortale Bewuchs, besonders an Bruchstücken großer Pectenschalen, trotz episodischer Stärke der Strömung, deutet auf sonst günstige Lebensbedingungen (Nährstoffreichtum, Lichtverhältnisse), die das Bestehen von Tang- und Seegraswiesen mit einer Gesellschaft von phytophagen Mollusken erklären.

V. Ein tortoner Rinnensand von Rodaun bei Wien.

Die vielbesuchten, kürzlich aufgelassenen Steinbrüche in den tortonen Randbildungen am S-Abfall der Himmelswiese bei Rodaun (Wien) („Hattay-Brüche") schließen eine Wechsellagerung von Sand, hellen detritären Nulliporenkalken mit viel terrigenem Material und Konglomeraten aus Kalkalpen und Flyschmaterial auf. Das verschiedene

Profil der zwei durch den Fußweg Rodaun-Kalksburg getrennten Aufschlüsse zeigt klar die Unregelmäßigkeit der Schichtfolge, das Auftreten der einzelnen Gesteinsarten in Linsen und rasch auskeilenden Schichten. Wir betrachten im folgenden eine 2—3 m mächtige Sandablagerung, welche als oberste Schicht das Profil des südlicheren der zwei Aufschlüsse abschließt und durch ihre Gleich- und Feinkörnigkeit auffällt. Ihr paläontologischer Inhalt besteht fast nur aus Muscheln und Stachelhäutern, während Gastropoden stark zurücktreten. Häufig sind kleine Formen von *Pecten*, *Ostrea*, *Tellina*, *Venus*, *Lucina*, *Cardium* und *Arca*, welche hier nie Größen von über 3 cm erreichen. *Pinna* hingegen wird groß und Exemplare von 40 und mehr Zentimeter Schalenhöhe sind keineswegs selten. Von Seeigeln tritt besonders *Schizaster parkinsoni* häufig auf. Daneben findet man aber auch von *Teredo* zerbohrtes Coniferenholz, gelegentlich auch die Fruchtzapfen dieser Bäume.

Pinna ist meist doppelklappig und in Lebenslage zu finden. Die Klappen der übrigen Muscheln sind sehr häufig getrennt. *Schizaster* liegt meist seitlich gekippt im Sande und ist daher meist in dieser Lage durch Sedimentdruck lateral verquetscht. Die Analyse der Schalenzerstörung zeigt im Hauptanteil ganze und leichtbeschädigte Schalen, häufig Bewuchs, selbst auch noch bei kleineren Bruchstücken (Abb. 13), und gelegentlich Abrollungserscheinungen bei größeren Stücken. Dieses Diagramm hat, worauf mich Herr Prof. Dr. K. Ehrenberg in einer brieflichen Mitteilung aufmerksam machte, stärkste Ähnlichkeit mit dem Stranddiagramm von „W-Darß" (Abb. 2). Aber auch das Diagramm von der I. Rinne vor Varna (Abb. 2) zeigt recht gute Übereinstimmung mit Abb. 13. Wir haben demnach noch zu entscheiden, ob wir es mit einer Strand- oder einer Rinnenablagerung zu tun haben, denn die Möglichkeit einer Deutung als Riffsediment scheidet infolge des Fehlens abgerollter Schalen von vornherein aus. Das Auftreten von *Pinna* in Lebenslage spricht nach deren bekannten Lebensgewohnheiten gegen die Deutung als Strandwall. Das Vorhandensein nur geringer mechanischer Zerstörung trotz großer Zerbrechlichkeit der Formen und der reichliche Bewuchs kleiner Schalenbruchstücke, besonders durch Bryozoen, sagt uns, daß wir die Bildung dieses Sediments in einem Raum nur schwach bewegten Wassers anzunehmen haben.

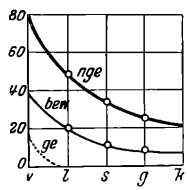


Abb. 13. Zustand der Schalenzerstörung in einem tortonischen Rinnensand von Rodaun (Wien). Bezeichnung wie Abb. 2.

Auch das Auftreten von Holzresten — eine Parallele zu den Ansammlungen toter, phytogener Substanz in den Rinnen der Zingstküste (Taf. XI, Abb. 1) — bestätigt die Richtigkeit der Deutung. Das häufige Vorkommen von *Schizaster* beziehen wir entweder auf eine Zusammenspülung der toten Kalkgerüste in den Rinnen oder auf den Nährstoff-

reichtum des sandigen Sediments, welches diesem schlammfressenden Stachelhäuter eine außerordentlich günstige Lebensgrundlage geliefert hat.

VI. Ein helvetischer Rinnensand von Grund (N.-D.).

Von Grund, jenem bekannten Fundort der „Grunder Fauna", liegt mir aus den Sammlungen der Zweigstelle Wien der Reichsstelle für Bodenforschung eine Kollektion von über 200 Exemplaren von *Cerithium bidentatum* (DEHR.) vor. Leider ist der Fundort nicht genauer bezeichnet. Auch von der begleitenden Fauna konnte ich nur einige wenige Tellinen, Cardien, Cerithien und einen *Murex* zweifelsfrei als vom selben Fundpunkt stammend auffinden. Nach den diesen Fossilien anhaftenden Sedimentresten zu schließen, müssen die Schalen in einem feinen, gelben Quarzsand gelegen haben. Die in Taf. XIV, Abb. 14 dargestellten Exemplare von *Cerithium bidentatum* zeigen von links nach rechts zunehmende Zerstörung durch einseitigen Anschliff, welcher bis zur Durchscheuerung der Wandung fortschreitet. 82% der Exemplare von *Cerithium bidentatum* waren in dieser Weise angeschliffen. Solche einseitige Anschliffe entstehen dadurch, daß die Schalen liegend zur Hälfte im Sediment eingebettet werden, wobei die untere Hälfte vor weiteren Angriffen des treibenden Sandes geschützt, die obere freiliegende Hälfte aber dem Sandschliff ausgesetzt ist.

Ein Schliff dieser Art ist natürlich nur dort möglich, wo das Sediment die eingebetteten Schalen lange Zeit in Ruhe festhält, also selbst nicht wandert, während gleichzeitig an seiner Oberfläche eine geringe Sandwanderung stattfindet. Nach dem derzeitigen Stande unseres Wissens sind derartige Bedingungen nur in den Rinnen zugegen.

Einen weiteren Hinweis auf den Bildungsraum gibt uns das Auftreten phytophager Mollusken, zu denen *Cerithium bidentatum* selbst, unter der Begleitfauna *Cerithium papaveraceum* und *Tellina* sp. gehören. Sie beweisen das ehemalige Vorhandensein submariner Vegetation und diese wieder ist in ihrem Auftreten an Rinnen gebunden, wie wir oben festgestellt haben (S. 452). Weiter ist das völlige Fehlen von allseitig gleichmäßig angeschliffenen Schalen bezeichnend, so daß eine Riffbildung schon aus diesem Grunde nicht in Frage kommt. Der Bewuchs ist sehr gering und beschränkt sich auf wenige Balanen und *Serpula*.

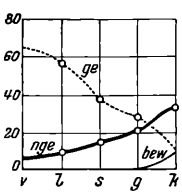


Abb. 15. Zustand der Schalenzerstörung in einem helvetischen Rinnensand von Grund (N.-D.). Bezeichnung wie Abb. 2.

Das Zerstörungsbild, welches im Diagramm Abb. 15 zusammengefaßt ist und nur die Schalen von *Cerithium bidentatum* berücksichtigt, liefert uns diesmal keine rechten Anhaltspunkte, weil es keinem Diagramm der Abb. 2 gleicht. So müssen wir auf den vorstehend beschriebenen Kennzeichen allein aufbauen. Diese ge-

statten eine unzweifelhafte Zuteilung des in Rede stehenden cerithienführenden Sandes zu den Rinnenbildungen.

Wir rekonstruieren eine Rinne mit Sandboden, wo Seegras oder Wurzeltange einen schütteren Bestand bilden, der eine geringe Sandwanderung gerade noch zuläßt und einer vorwiegend phytophagen Molluskenfauna als Lebensraum diente.

VII. Allgemeine Schlußfolgerungen für das Wiener Becken.

Die Beispiele I und II haben uns eine Wechsellagerung von Schlick- (Ton-) und Sandablagerungen vor Augen geführt. Wir wollen nun den Versuch unternehmen, aus diesen Erscheinungen auf die Bildungstiefe dieser Sedimente rückzuschließen. Wir haben eingangs dargelegt, daß die Merkmale der Seichtseesedimente, soweit sie deren petrographisches Verhalten betreffen, abhängig sind von Form, Größe und Tiefe des Wasserbeckens, sowie von klimatischen Bedingungen. Schon einmal konnte ich in meeresdynamischer Hinsicht mit Erfolg einen Vergleich zwischen der Beltsee (westlichen Ostsee) und dem miopliozänen Wiener Becken ziehen (Tauber 1940). Da das Wiener Becken der heutigen Beltsee an Flächenausdehnung sehr gut entspricht und in ähnlicher Verbindung mit dem ebenfalls der offenen Ostsee flächengleichen Meer des ungarischen Beckens stand, müssen wir nach dem Stande heutiger Erkenntnis für das Meer des Wiener Beckens eine sehr ähnliche Größe der meerischen Dynamik annehmen. Wellenlänge und -höhe müssen den heutigen der Beltsee durchaus ebenbürtig gewesen sein. Selbst wenn wir ein sehr viel sturmreicheres Klima für das miopliozäne Wiener Becken anzunehmen berechtigt wären, hätte dieser Faktor gegenüber den vorerwähnten Faktoren keine entscheidenden Verschiedenheiten für die Sedimentation bewirken können. Eine allgemeine Tieferlegung der Grenze der Seichtseemerkmale um einige Meter würde er jedoch immerhin zur Folge haben. In der heutigen Beltsee reichen die Seichtseemerkmale (Sedimententmischungen, mechanische Schalenbeanspruchung, Schlick-Sandgrenze) bis in etwa 20 m Tiefe hinab, die Riffbildungen bis etwa 10 m. Nehmen wir nun eine sehr bedeutende, kaum mehr wahrscheinliche Tieferlegung der Seichtseecharakteristika durch besondere aeroklimatische Bedingungen an, so ergibt sich für den Seichtseesand des Wiener Beckens eine maximale Bildungstiefe von etwa 20—30 m (wobei von besonderen Verhältnissen wie z. B. von durch starke Ausgleichsströmungen durchflossenen Rinnen und Kanälen abgesehen ist), für Sandriff- und Rinnenbildungen aber eine solche von 10—15 m.

Solche Ablagerungen der Riffzone finden wir natürlich vor allem am Rande des Wiener Beckens, wo z. B. die mächtigen kreuzgeschichteten pannonischen Sande des Mödlinger Eichkogels (mit den charakteristischen bohnenförmigen Reststücken der *Congeria subglobosa*) ein eindrucksvolles

Bild von der Masse solcher bei negativer Bewegung des Meeresspiegels sich akkumulierender Riffzonensande geben. Wie an Beispielen (in Abschnitt C) gezeigt wurde, finden wir Riffzonensande im Pannon und Torton des Wiener Beckens. Aber auch im Sarmat fehlen sie nicht, wie ich 1939 zeigen konnte. Ein großer Teil dieser Riffzonenbildungen ist sicherlich auf die marginalen Räume des Beckens beschränkt, nicht wenige aber ziehen, wie das Studium der von TH. FUCHS und H. WOLF in den fünfziger bis siebziger Jahren des vorigen Jahrhunderts gesammelten Brunnenbohrprofile von Wien und Umgebung ergibt, viele Kilometer weit ins Beckeninnere hinein. Diese Riffzonensande sind zweifellos das sedimentologische Abbild von (eustatischen oder isostatischen) Meeresspiegeltieflagen, welche uns — wie oben dargelegt — für die Zeit ihrer Entstehung eine Wassertiefe um 20—30 m und weniger angeben.

Die Frage nach der Bildungstiefe der diese Riffzonensande unter- und überlagernden tonigen Sedimente drängt sich von selbst auf. Bisher sind absolute Zahlen für die Bildungstiefen von Sedimenten des Wiener Beckens meines Wissens nur hinsichtlich der tortonen Pleurotomentone von Baden und Vöslau angegeben worden, und zwar wurden hier 100 bis 200 m genannt (FUCHS seit 1900), während früher Tiefen bis weit über 1000 m angenommen wurden (SCHAFFER 1898) und noch lange Zeit die Vorstellungen der Geologen und Paläontologen beherrschten (SCHUBERT 1901).* Wenn ich, ausgehend von dem Ergebnis der vorstehenden Untersuchung, den Versuch wage, eine Vorstellung von den absoluten Bildungstiefen auch der tonigen Sedimente zu gewinnen, so geschieht dies mit allen, bei solchen Erwägungen notwendigen Vorbehalten. Ehe ich aber darangehe, aus eigenen Untersuchungen Folgerungen und Schlüsse zu ziehen, halte ich es für notwendig, die Argumentation, welche die Bildung des Badener Pleurotomentons unter 100 oder 200 m Wasserbedeckung beweisen sollte, auf ihre Stichhaltigkeit zu prüfen.

Ein erstes Argument bezieht sich auf die über 200 m betragende Höhendifferenz der tortonischen Strandterrassen und der Höhenlage der Beckenfüllung, aus welcher klar eine 200 m tiefe Wasserbedeckung des Meeresbodens ableitbar zu sein schien. Aber der heutige Unterschied der Höhenlage zwischen den tortonen Abrasionsterrassen am kalkalpinen Grundgebirge am Rande des Beckens und den tortonischen Bildungen in diesem selbst gibt uns keinen eindeutigen Hinweis auf die Wassertiefe des tortonischen Meeres, weil — wie die neuere Forschung gezeigt hat — sowohl ausgiebige posttortonische Senkungen des Beckens als auch derzeit nicht genauer erfaßbare bedeutende Hebungen des alpinen Randgebirges an den Randbrüchen des Wiener Beckens stattgefunden haben und somit

---

* Schon O. ABEL hat hinsichtlich dieser Tiefenangaben zu größerer Vorsicht gemahnt (ABEL 1922, S. 233ff.).

die primäre, tortonische Höhendifferenz von Strandterrasse und Beckenboden sehr viel kleiner gewesen sein kann als die heutige.

Als zweites Argument wurde die tonige Beschaffenheit der Sedimente, welche für eine große Bildungstiefe zu sprechen schien, ins Feld geführt. Heute weiß man aber, daß die Körnung eines Sediments nicht allein von der Tiefe bestimmt wird, und aus den Erfahrungen der Sedimentkunde ist weiters bekannt, daß in verengten Meeresräumen die Grenze von Schlick- und Sandsedimentation hinaufrückt, so daß sie in engen Buchten und Förden nahezu den Strand erreicht. Auf unser Problem angewandt, bedeutet das, daß wir im verengten, vom offenen Meer des pannonischen Beckens durch die Untiefen und Horstinseln des Rosalien- und Leithagebirges und die Halbinsel der Kleinen Karpathen abgeriegelten Meeresgebiet des miopliozänen Wiener Beckens, dessen Flächengröße kaum ein Siebentel der heutigen Adria, weniger als ein Zweiundzwanzigstel des ungarischen Beckens betrug, zweifellos mit einer gegenüber dem vorgenannten Meeresgebiet nicht unwesentlichen Hebung der Sedimentationsgrenze von Schlick (Ton) und Sand zu rechnen haben.

Ein drittes Argument endlich betraf die biologische Struktur der Badener Pleurotomenfauna. Fuchs verwies dabei darauf, daß die dortige Fauna fast durchwegs aus canaliferen Formen bestehe (von Holostomen treten nur *Natica*, *Scalaria* und *Solarium*, von asiphonaten Bivalven nur *Pecten-*, *Corbula-*, *Nucula-*, *Leda-* und *Limopsis*-Arten auf), daß sie eine grabende und zum weitaus größten Teil zoophage Fauna sei, und man folgerte weiter, daß der Meeresboden der Bildungsgebiete des Badener Tegels sicherlich keinen bedeutenden Pflanzenwuchs aufgewiesen habe und daher wohl tief unter der Oberfläche des Wassers gelegen sein müsse. Es darf aber nicht übersehen werden, daß an anderen Lokalitäten, z. B. im tortonischen Ton bei Niederleis, am Porzteich bei Voitelsbrunn (Niederdonau) die gesamte Badener Formenwelt völlig vermischt mit der typischen „Pötzleinsdorfer Fauna" auftritt, welche fast durchwegs aus nichtgrabenden, phytophagen Mollusken (*Rissoen*, *Rissoiden*, *Turbonillen*, *Turbiden*, *Trochiden*, *Cerithien* usw.) besteht, welche für die heute in Tang- und Seegraswiesen lebende Gesellschaft bezeichnend ist und beweist, daß die Badener Pleurotomenfauna sehr wohl auch auf mit Pflanzen bestandenem, also seichtem Grunde leben konnte.*

---

* In dieselbe Richtung weist anscheinend auch das sehr häufige und artenreiche Auftreten von Korallen *(Orbicella, Caryophyllia, Thecocyathus, Discotrochus, Ceratotrochus, Flabellum, Stylophora, Balanophyllia, Stephanophyllia)* im Pleurotomenton von Baden. Abgesehen von *Stephanophyllia*, welche durch ihre große Ähnlichkeit mit dem rezenten *Leptopenus* (einer solitären Tiefseekoralle) vielleicht tieferes Wasser anzeigt, sind alle anderen genannten Korallen Formen, welche infolge ihres großen Lichtbedürfnisses heute meist seichte Schlick- und zum Teil Sandgründe bewohnen. Ich kann mir daher ihr Vorkommen in 100 oder gar 200 m Tiefe nicht gut vorstellen.

Wir sehen also, daß die alten, zugunsten einer großen Bildungstiefe der Badener Pleurotomentone angeführten Argumente heute nicht mehr haltbar sind, ja daß das Ergebnis ihrer kritischen Prüfung viel eher für eine Bildung in seichtem Wasser spricht. Dieser Eindruck verstärkt sich noch, wenn wir die folgenden Überlegungen anstellen und vom Standpunkt moderner meeresbiologischer Forschung das Wiener Meeresgebiet, nun aber nicht des Tortons allein, sondern des gesamten, vom mittleren Miozän bis ins untere Pliozän dauernden Sedimentationszeitraumes betrachten.

In der — geologisch gesehen — sehr kurzen Zeitspanne vom mittleren Miozän bis zum unteren Pliozän wurde im Wiener Becken ein vorwiegend toniger Gesteinskomplex von über 2500 m Mächtigkeit abgelagert. Wir müssen daher wohl starke Zufuhr suspendierten klastischen Materials und in deren Gefolge eine nicht unbedeutende Wassertrübung annehmen. Eine solche kann aber nicht ohne Einfluß auf das Pflanzenleben und — als dessen erhaltungsfähiges Gefolge — auf die Weichtierfauna bleiben. Pflanzen und Pflanzengemeinschaften, welche in klarem, durchsonntem Wasser in der Tiefe leben, müssen in trübem Wasser mit hoher Lichtabsorption mehr an die Wasseroberfläche heranrücken, um ihr Lichtbedürfnis befriedigen zu können. So werden sich die phytobiologischen Tiefenzonen im Wiener Becken verengt haben, werden nach oben zusammengerückt sein. Die Verteilung der phytophagen Mollusken wird, weil letztere ja lebensräumlich mit den Pflanzengemeinschaften verbunden sind, zweifellos ganz ähnliche Verhältnisse zeigen. So stehen für das Wiener Becken schon in nicht allzugroßer Tiefe bereits pflanzenbewuchsfreie Gründe mit entsprechenden Faunen zu erwarten.

Haben wir also schon auf Grund dieser speziellen Unterwasserlichtverhältnisse im Wiener Meeresgebiet ein Zusammenrücken der biologischen Tiefenzonen gegen die Wasseroberfläche zu als sehr wahrscheinlich zu bezeichnen, so werden wir darin noch bestärkt durch die Anwendung allgemeiner Ergebnisse moderner Meeresbiologie auf das Wiener Becken. Diese Ergebnisse besagen nämlich aus anderen, meeresdynamischen und biologischen Gründen dasselbe: Wir „treffen allgemein in verengten Meeresräumen eine Verengung der biologischen Tiefenzonen, das Neritische kann schätzungsweise auf $^1/_{100}$ des anderwärts gefundenen Wertes verengt sein" und wir wissen, daß „sich in einer ruhigen Bucht schon bei geringer Tiefe alles das, was draußen die größere Tiefe kennzeichnet" findet (SCHMIDT 1935).* Wir haben schon oben (S. 489) fest-

* Es ist ja heute bekannt, daß nicht die Tiefe selbst ein Biotop prägt, denn — soweit heute unsere Erkenntnis reicht — ist wohl rascher Druckwechsel für Organismen mit gaserfüllten Körperhohlräumen schädlich (Zerplatzen der mit der Dredsche rasch heraufgeholten Tiefseefische), nicht aber die Druckänderung oder der Druck an sich, wenn nur Zeit genug bleibt,

gestellt, daß das Wiener Becken als Bucht des großen ungarischen Meeresgebietes ($^1/_{22}$ von dessen Fläche) einen verengten Meeresraum darstellt und wir müssen daher ein gleichartiges Zusammenrücken der biologischen Tiefenzonen in ihm — freilich in viel bescheidenerem Maße als nach obenstehendem Zitat möglich erscheint — annehmen.

Überblicken wir die eben besprochenen Verhältnisse im miopliozänen Wiener Becken, so sehen wir, daß alle paläobiologischen, meeres- und sedimentkundlichen Hinweise, welche wir auf die Tiefe der Lebensräume, die Bildungstiefe der Sedimente in diesem besitzen, für ein geringes Ausmaß derselben sprechen. Eine bestimmtere Fassung ist aber nur in Verbindung mit den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchung möglich und soll nun versucht werden.

Eingangs dieses Abschnittes (S. 487) ist dargelegt worden, daß die tonigen Sedimente des Wiener Beckens zahlreiche, weit ins Becken reichende, meist geringmächtige Zwischenlagen besitzen, deren Bildungstiefe um 20—30 m und weniger lag. Es erscheint mir nun höchst unwahrscheinlich, daß die zwischen Seichtsee und Riffzonensanden liegenden tonigen Sedimente in großen Tiefen abgelagert worden sein sollten, denn wir müßten dann im Wiener Becken mit Oszillationen des Wasserspiegels von 100—200 m Amplitudengröße rechnen.

Es ist nun Ansichtssache des einzelnen, solche große Amplituden bei kurzphasigen Oszillationen anzunehmen oder abzulehnen. Unbestreitbare Tatsache bleibt, daß es methodisch richtig ist, tektonische oder eustatische Bewegungen nur im unbedingt notwendig erscheinenden Maße zur Erklärung heranzuziehen und daß wir in unserem, das Wiener Becken be-

---

sich dem sich erhöhenden oder vermindernden Druck durch Vermehrung bzw. Verkleinerung des Innendruckes anzupassen. (So konnte REGNARD Fische ohne Schädigung mit 100 at belasten — MARSHALL 1888.) Die marine Lebensgemeinschaft wird vielmehr vom Zusammenwirken von Nährstoff-, Belüftungs-, Licht-, Temperatur-, Elektrolytgehalt und Boden- (Sediment-) verhältnissen bestimmt. Sind die für eine Lebensgemeinschaft lebenswichtigen Verhältnisse in einem Gebiet in 50 m Tiefe anwesend, so wird sich in ihm die gleiche Fauna ausbreiten können, welche sich in einem anderen Meere in 200 m Tiefe findet, weil sie dort diese Verhältnisse erst in 200 m Tiefe antrifft. Wir wissen z. B., daß die Zone der Austern, die in der benachbarten freien Adria bis —20 m reicht, in einer Bucht bei Rovigno nur bis —2 m hinabgeht, daß die Rasen der Koralle *Cladocora*, welche draußen bei —40 m gefunden werden, in dieser Bucht bei —10 m vorkommen und daß in derselben Bucht bei —15 m eine arme *Schizaster-Turritella*-Gemeinschaft lebt, welche man mit STRAUSS in fossilem Zustande für den Typus einer bathyalen Lebewelt, eines bathyalen Sediments betrachten müßte (SCHMIDT 1935). Wenn wir nun auch natürlich eine große Bucht wie die des miopliozänen Wiener Beckens nicht unmittelbar mit einer kleinen Bucht Istriens vergleichen können, so ist doch zu beachten, daß, wie später gezeigt werden wird, eine Verengung des neritischen Bereichs auf ein Halb oder höchstens auf ein Viertel zur Erklärung der Verhältnisse im Wiener Becken vollkommen ausreicht.

treffenden Falle nach all dem, was uns die Meeresforschung und die Sedimentkunde zu sagen haben, mit Spiegelschwankungen viel geringeren Maßes das Auslangen finden können. Ich bin der Ansicht, daß wir die Bildung der von Riffzonensanden durchzogenen Tone des Wiener Beckens mit etwa 50 m anzusetzen haben. Mit dieser Tiefe lassen sich nach obigem (S. 490) Fauna und Sediment ohne jede Schwierigkeit erklären, da wir gegenüber der Faunenverteilung im Mittelmeer eine Verengung der Tiefenzonen um nur $^1/_2$ oder höchstens auf $^1/_4$ in Anspruch zu nehmen brauchen. Dabei genügen uns schon Wasserspiegelschwankungen von 20—30 m vollkommen, um die Wechsellagerungen von Ton und Riffzonensanden zu erklären. Ich bin der Überzeugung, daß diese Auffassung, weil mit unseren heutigen meeresgeologischen, biologischen und tektonischen Vorstellungen besser vereinbar, mehr Gültigkeit beanspruchen darf als die bisherige, vor nun schon fast einem halben Jahrhundert begründete.

Es ist zur Vermeidung von Mißverständnissen vielleicht nicht unnötig, nochmals darauf hinzuweisen, daß die hier entwickelten Vorstellungen nur für die mit Riffzonen- und Seichtseesanden wechsellagernden Tonkomplexe gelten. Im eigentlichen Beckeninnern sind, wie die Tiefbohrungen gezeigt haben, sandige Einschaltungen recht selten. Diese beckeninnersten Bildungen verwirklichen nicht mehr die oben geschilderten und zum Ausgangspunkt unserer Überlegungen gewählten Sedimentationsbedingungen. Eine Anwendung der gezogenen Schlußfolgerungen auf sie muß daher um so mehr unterbleiben, als gerade auch die Vergesellschaftung der tortonen Fauna des Beckeninnersten jener der Beckenrandtone nicht mehr völlig gleichgesetzt werden kann, sondern deutliche Anklänge an die verarmten „Schlierfaunen" zeigt.

So sehen wir hier, daß sich der ökologisch-paläobiologischen Lebensraumforschung durch die Zusammenarbeit mit aktualistischer Sedimentpetrographie neue Wege zur genaueren Ermittlung fossiler Lebensräume eröffnen.

D. Zusammenfassung.

Den Ausgangspunkt vorliegender Arbeit bilden meeresgeologische Studien und Beobachtungen des Verfassers an der Ostsee im Sommerhalbjahr 1939, sowie Beobachtungen über Aufarbeitung von Molluskenschalen am Schwarzen Meer und an der Ägäis im Frühjahr 1941.

Ein kurzgefaßter Überblick über die Aktuogeologie der Flachseeräume führt in das verschiedene dynamische Verhalten der einzelnen, für die Riffzone des Litorals typischen Sandformen (Riff, Rippel, Sandbänke, Haken und Rinnen) ein. Infolge starker Sandwanderung und Durcharbeitung des Sediments in und auf den Riffen und Rippeln bieten diese dem Tier- und Pflanzenleben sehr ungünstige Existenzbedingungen. In den Rinnen hingegen finden sich infolge geringer Sandwanderung und häufiger Zusammenspülung toten organischen Materials sehr günstige

Lebensbedingungen für Pflanze und Tier. Diesen Verhältnissen entspricht nicht nur die Verteilung des Lebens in der Seichtsee, sondern auch die postmortale Zerstörung der Schalen; denn letztere werden, der verschiedenen Dynamik der einzelnen Sandformen entsprechend, verschieden beansprucht und liefern daher verschiedene Zerstörungsbilder. Diese Zerstörungsbilder werden durch wechselnde Häufigkeit der einzelnen Zerstörungsarten (Zerbrechung, Abschleifungen, Befall und Besiedlung durch Organismen) sowie durch die Art der entstandenen Restformen geprägt.

An Hand von Profilen durch die Riffzone verschiedener Meere und verschiedener Sedimenttypen wird die Gesetzmäßigkeit der Verteilung der Zerstörungsbilder gezeigt (siehe Zusammenfassung S. 472ff.), die uns das notwendige Rüstzeug für die lebensräumliche Auswertung fossiler Ablagerungen liefert. Durch Festlegung der Zerstörungsbilder und Vergleich mit solchen rezenter Litoralbildungen unter Berücksichtigung biostratonomischer Gesichtspunkte ergeben sich Schlüsse auf die Genese der fossilen Ablagerungen, besonders der Sande, für welche hierdurch eine lebensräumliche Trennung von Riff- und Rinnenbildungen ermöglicht wird. An einigen Beispielen, welche größtenteils aus Aufschlüssen im Neogen des Wiener Beckens gegriffen sind, wird gezeigt, wie auf diesem Wege eine Gliederung des seichtmeerischen Lebensraumes in Riff und Rinne vorgenommen werden kann.

Aus der Feststellung von Bildungen der Sandriffzone ergeben sich nicht nur Schlüsse auf Bildungstiefe und fossile Lebensräume, sondern auch auf den Wechsel der Lage des Meeres- oder Seespiegels, wodurch der sedimentpetrographisch-biostratonomischen Auswertung der Sandablagerungen auch für die geologische und paläogeographische Forschung Bedeutung zukommt.

Ich danke Herrn Prof. Dr. K. Ehrenberg (Wien) für die Erlaubnis, von ihm selbst gesammeltes Schalenmaterial von Varna, sowie Material des paläontologischen und paläobiologischen Institutes der Universität Wien benutzt haben zu dürfen, vor allem aber für die außerordentlich wertvollen Ratschläge und die Durcharbeitung des Manuskripts, welche für die Blickrichtung und endgültige Form der Arbeit von grundlegender Bedeutung waren. Herr Prof. Dr. K. Kühnelt (Wien) war mir mit seinem reichen Erfahrungsschatz in liebenswürdigster Weise bei der Bestimmung des rezenten Schalenmaterials behilflich, welche, da ein Teil meines Materials infolge der Kriegswirren verloren ging, aus der Erinnerung heraus erfolgen mußte; ihm sei hierfür herzlichst gedankt. Meinem verstorbenen väterlichen Freund, Herrn Prof. V. Unger, und seiner Gemahlin, Frau Mary Unger (Wien), verdanke ich ein umfangreiches Material von Krk (Adria). Schließlich stellte mir Herr Dr. A. Papp (Wien) in dankenswerter Weise Material vom Schwarzen Meer zur Verfügung.

E. Schrifttum.

[1] ABEL, O.: Lebensbilder aus der Tierwelt der Vorzeit. Jena 1922. — [2] EHRENBERG, K.: Erhaltungszustand und Vorkommen der Fossilreste und die Methoden ihrer Erforschung. Abderhaldens Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden, Abt. X. Wien-Leipzig 1929. — [3] EHRENBERG, K.: Über Lebensspuren von Einsiedlerkrebsen. Paläobiologica **4**. Wien 1931. — [4] EHRENBERG, K.: Über bemerkenswerte Erhaltungsformen bei Patellen aus den miozönen Sanden bei Roggendorf nächst Eggenburg in Niederösterreich. Paläobiologica **6**. Wien 1934 (1938). — [5] EHRENBERG, K.: Lebensgeschichte als Aufgabe paläobiologischer Forschung. Die Umschau 1940, H. 5. — [6] FUCHS, TH.: Über die bathymetrischen Verhältnisse der sogenannten Eggenburger und Gauderndorfer Schichten des Wiener Tertiärbeckens. Sitz.-Ber. Akad. Wiss. Wien, math.-nat. Kl. **59** (1900). — [7] HÄNTZSCHEL, W.: Bau und Bildung von Großrippeln im Wattenmeer. Senckenbergiana **20** (1938). — [8] KESSEL, E.: Schalenkorrosion bei lebenden Strandschnecken (*Littorina littorea*) und ihre Ursache. Verh. zool. Ges. Leipzig 1937. — [9] KLÄHN, H.: Der quantitative Verlauf der Aufarbeitung von Sanden, Geröllen und Schalen in wässerigem Medium. Neues Jahrbuch f. Min. usw., Beilagebd. 67. Stuttgart 1932. — [10] KÜPPER, H.: Schleifspuren an Schalen, ein Hinweis auf das Ebbe- und Flutbereich. Ann. Nat. Mus. Wien (1933). — [11] LÜDERS, K.: Entstehung und Aufbau von Großrücken mit Schillbedeckung in Flut- bzw. Ebbetrichtern der Außenjade. Senckenbergiana **11**, H. 3 (1929). — [12] MARSHALL, W.: Die Tiefsee und ihr Leben. Leipzig: F. Hirt u. Sohn, 1888. — [13] PAPP, A.: Beobachtungen über Aufarbeitung von Molluskenschalen in Gegenwart und Vergangenheit. Verh. Zool.-Botan. Ges. Wien 88/89 (1938/39). — [14] PRATJE, O.: Fazettieren von Molluskenschalen. Paläontolog. Z. **11**. Berlin 1929. — [15] PRATJE, O.: Die Sedimente des Kurischen Haffes. Fortschr. d. Geol. u. Paläontol. **10**, H. 30 (1931). — [16] SCHAFFER, F. X.: *Pholadomya Fuchsi*, ein neues charakteristisches Fossil aus mediterranen Tiefseebildungen. Verh. Geol. Reichsanst. Wien 1898. — [17] SCHAFFER, F. X.: Das inneralpine Becken der Umgebung von Wien. Samml. geol. Führer, Berlin: Bornträger, 1907. — [18] SCHAFFER, F. X.: Geologische Geschichte und Bau der Umgebung Wiens. Wien: Deuticke, 1927. — [19] SCHMIDT, H.: Die bionomische Einteilung der fossilen Meeresböden. Fortschr. d. Geol. u. Paläontol. **12**, H 38. Berlin 1935. — [20] SCHÜTZE, H.: Morphologischer Beitrag zur Entstehung des Darß und Zingst (Ostsee). Geol. d. Meere u. Binnengew. **3**, H. 2 (1939). — [21] SOLGER, F.: Der Boden Niederdeutschlands nach seiner letzten Vereisung. Deutsche Urzeit **2**. Berlin 1931. — [22] STRAUSS, L.: Geologische Fazieskunde. K. ung. Geol. Jahrb. **28**. Budapest 1928. — [23] STUR, D.: Über den gelben, oberen Tegel in der Tegelgrube von Vöslau. Verh. d. Geol. Reichsanst. 1874. — [24] TAUBER, A. F.: Lithogenetische Untersuchungen an den Grenzschichten von Sarmat und Pannon am Südrand von Wien. Verh. d. Reichsst. f. Bodenforsch. Wien, Nr. 11/12, 1939. — [25] TAUBER, A. F.: Die Bedeutung rezenter, mariner und limnischer Geröllwanderung für das Auftreten von exotischen Geröllen mit Beispielen aus den tertiären Sedimenten des Wiener Beckens. Jahrb. d. Reichsst. f. Bodenforsch. **61**. Berlin 1940. — [26] VATER, TH.: Morphologische und genetische Untersuchungen einiger Meerengen. Diss. Jena. Mitt. geogr. Ges. Thürigen **40** (1930). — [27] VEEN, J. VAN: Die unterseeische Sandwüste in der Nordsee. Geol. d. Meere u. Binnengew. **2a** (1938). — [28] VEEN, J. VAN: Untersuchungen in der Straße von Dover. Geol. Rundschau **29** (1938). — [29] WASMUND, E.: Biocoenose und Thanatocoenose. Arch. f. Hydrobiol. **17**. Stuttgart 1926. — [30] WASMUND, E.:

Die physiologische Bedeutung des limnischen Hydroklimas. Arch. f. Hydrobiol. **27** (1934). — [31] WASMUND, E.: Flachsee-Beobachtungen bei Sturm-Niedrigwasser an der gezeitenlosen Kieler Förde (Ostsee). Geol. d. Meere u. Binnengew. **3**, H. 3 (1939). — [32] WETZEL, W.: Die Schalenzerstörung durch Mikroorganismen, Erscheinungsformen, Verbreitung und geologische Bedeutung in Gegenwart und Vergangenheit. Kieler Meeresforschungen **2** (1938). — [33] WINKLER, A.: Über die sarmatischen und pontischen Schichten im Südteil des steirischen Beckens. Jahrb. d. Geol. Bundesanst. Wien 1927. — [34] ZAPFE, H.: Lebensspuren grabender Echiniden aus dem Eozän Siebenbürgens. Verh. Zool.-Botan. Ges. Wien **85** (1935).

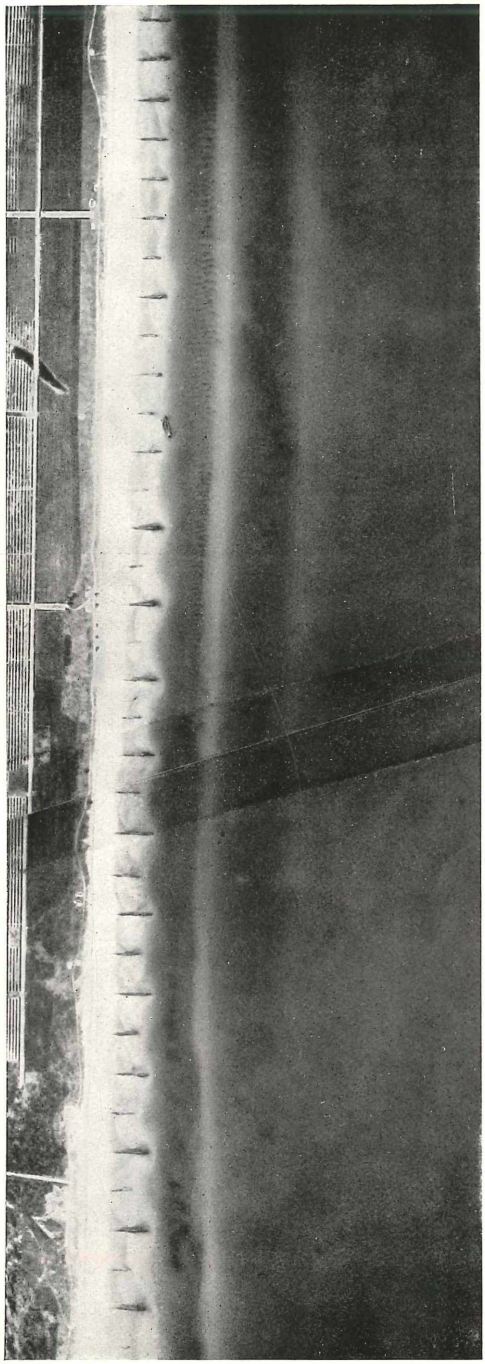


Abb. 1. Bild eines ca. 900 m langen Küstenstreifens der Ostseeküste des Zingst. Vor den sanderfüllten Buhnen sind hell die mit der vorherrschenden Richtung der Sandwanderung von der Küste wegstrebenden 2—3 Sandriffe (Abtragungsküste!) zu sehen. Das erste Riff im rechten Bildteil ist im linken Bildteil bereits als zweites Riff zu sehen. Zwischen den Riffen liegen teilweise tote organische Substanzen (Tang- und *Zostera*-Häcksel, *Mytilus*-Schill) in Rippeln angeordnet, teilweise Tang- und *Zostera*-Wiesen (dunkle Flecken). Die Riffe sind kahl und frei von Bewuchs.

Abb. 3. Gegenüberstellung von Riffmaterial (A) und Rinnenmaterial (B) aus der ersten Rinne und dem ersten Riff von Kalameria bei Saloniki. Das Schalenmaterial der Rinnen zeigt meist vollständige Exemplare mit Färbung und Bewuchs (Serpuliden, Spongien, Kalkalgen), das Riffmaterial hingegen ist durch Abschleifung der Periostraca meist weiß, glatt, rund geschliffen und frei von Bewuchs ($^2/_5$ nat. Größe). Photo d. Verf.

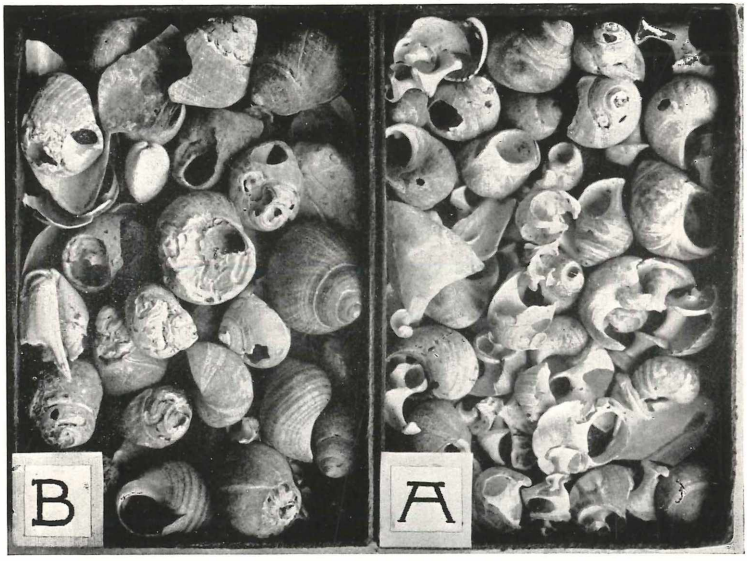


Abb. 4. Gegenüberstellung von Riffmaterial (A) und Rinnenmaterial (B) aus der Kieler Förde (Ostsee). A vom II. Riff *N* Schilksee, B von einem Strandwall an der Kitzeberger Huk. Starke Schliffzerstörungen nach allseitiger Entfernung der dunklen Periostraca bei A und starker *Polydora*-Befall (59%) beim Rinnen- (Strand-) Material ($^4/_5$ nat. Größe). Photo d. Verf.

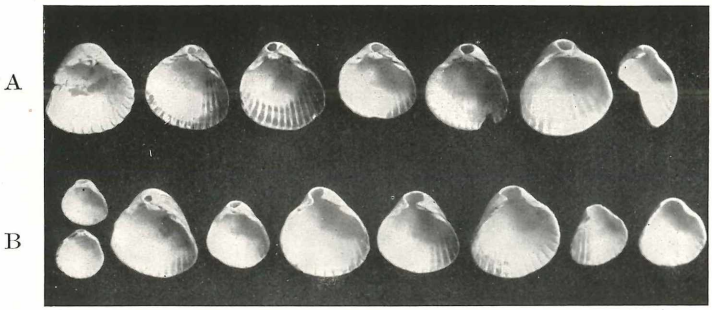


Abb. 5. Verschiedenheit der Fazettierung von *Cardium edule* an der Sandoberfläche der Rinnen (Reihe A) und in den Sandriffen (Reihe B). Kalameria bei Saloniki, Mai 1941 ($^{9}/_{20}$ nat. Größe). Photo d. Verf.

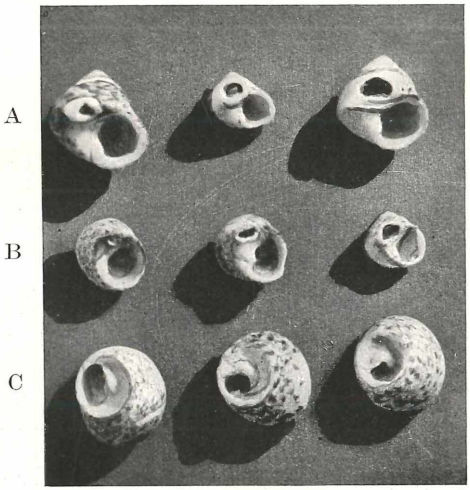


Abb. 7. Beschädigungen durch Rinnenschliff an *Trochus turbinatus* aus dem Canale di Mezzo (Insel Veglia, Adria). A Schliff durch Paguriden, B Schliff aus der Lage von C (I. stabile Lage), C Schliff aus der Lage von B (II. stabile Lage) ($^{2}/_{3}$ nat. Größe). Photo d. Verf.

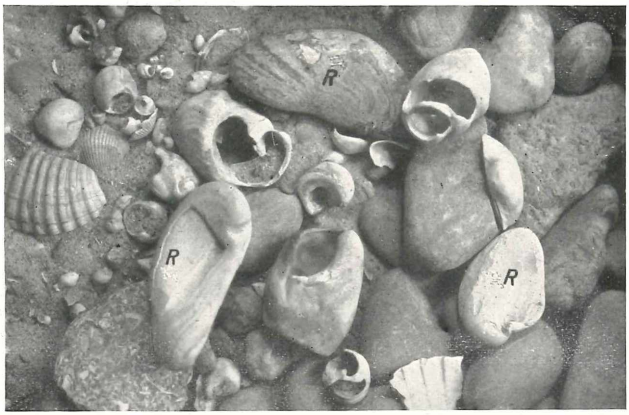


Abb. 9. Ein pannonischer Riffsand mit Geröll und Fauna von Vösendorf bei Wien zeigt starken Sandschliff. Typische Reststücke von *Congeria subglobosa* (R.) ($^4/_{10}$ nat. Größe). Juni 1941. Photo d. Verf.

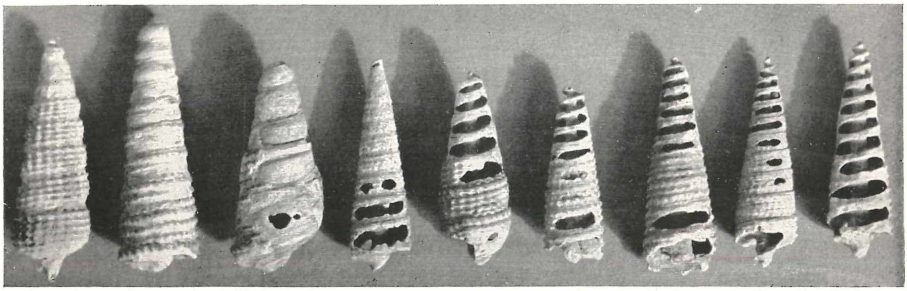


Abb. 14. Beschädigungen an *Cerithium bidentatum* DEFR. aus den helvetischen Sanden von Grund (N.-D.) durch Rinnenschliff. Die Schalen waren teilweise im Sande versackt, so daß nur die jeweils aus dem Sande hervorragenden Teile der Schalen angeschliffen werden konnten ($^2/_3$ nat. Größe). Photo d. Verf.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Palaeobiologica

Jahr/Year: 1942

Band/Volume: 7

Autor(en)/Author(s): Tauber A. F.

Artikel/Article: Postmortale Veränderungen an Molluskenschalen und ihre Auswertbarkeit für die Erforschung vorzeitlicher Lebensräume. 448-495