

Diatomeen und Schlick.

Claudius Bodé, Hannover.



1. Einleitung
2. Diatomeen
3. Brackwasser-Diatomeen, die zumeist auch im Schlick der Nordsee-Häfen vorkommen
4. Der Schlick
5. Ueber die Entstehung der Detritus-Masse.



Skizze

von Claudius Bodé, Hannover.

In des Alls unendlichen Gefilden war in weltentfernter Vergangenheit wieder ein Stern verblaßt. Es war unser Stern. Einst sonnengleich und Weißglut strahlend, bedeckte sich unsere werdende Erde mit einer Erstarrungsrinde. Darüber lagerte sich ein wallendes Dampfmeer.

Als der Kampf zwischen Feuer und Chaos beendet war, dieser Titanenkampf, dessen Zuckungen wir nach Jahrmillionen noch oftmals verspüren, setzte der bis auf unsere Tage unablässig fortwogende Zweikampf zwischen Wasser und Erdmantel ein.

Das siedende Dampfmeer wurde, erkaltend, zum schöpferisch wirkenden Elemente. Das Wasser, Mutter alles Lebenden, barg das große noch unge löste Rätsel: den ersten Lebenskeim.

Aus der Chaos Fluten ragt das Urgestein hervor. Auf diesem lagern sich die dem Geologen geläufigen Schichten vom Palaeozoicum bis zum Alluvium der Neuzeit.

Die nimmer rastenden Gewässer führen die von den Erhöhungen abgemeißelten Gesteinsmassen wieder in die Tiefe. Und aufs Neue werden große Gebiete unseres Weltkörpers, allmählich aus den Fluten auftauchend, in erstaunliche Höhen gehoben, — trotzig Titanen, die, kaum zu Stein geworden, wiederum von den geologischen Kräften zerstört und im großen Kreislauf sachte zu Tal geführt werden.

Die Alpen in ihrer jetzigen Gestalt sind nur die zerfetzten Ruinen eines mächtigeren Gebirges. Auf den höchsten Gesteinserhebungen finden wir den einstmaligen Meeresgrund, Muscheln und See-tiere bergend, der dort hinaufgelangte, als die weiter erstarrende Erdrinde mächtige Falten bildete.

Man hat die Erdgeschichte in geologische Epochen eingeteilt, zwischen denen Uebergangsperioden liegen, die schon für sich Zeiträume von Hunderttausende von Jahren umspannen. Es ist eine in rohen Um-rissen feststehende Einteilung, die immerhin eine nützliche Uebersicht ermöglicht.

Die jüngste Periode reicht von der Gegenwart bis zur Eiszeit, vom Alluvium bis zum Diluvium. Es ist die Quartärzeit, in der wir die ersten Spuren des Urmenschen und des Homo sapiens finden.

Die Tertiär-Zeit, die Zeit der großen geologischen Revolutionen, umfaßt die Stufen Pliozän, Miozän, Oligozän und Eozän. Ein bemerkenswertes Kenn-zeichen der Eozän-Epoche ist das massenhafte Auf-treten der großen Foraminiferen. Diese meerbewoh-nenden Nummuliten findet man jetzt versteinert im Himalaja bis zu 5000 Meter Höhe. Im Pliozän und Miozän läßt sich die massenhafte Anhäufung von Diatomeen nachweisen.

Dem sogenannten Mittelalter der Erde gehören die obere und untere Kreide an, die jurassischen und triassischen Schichten. Die Kreide ist das Zeitalter der großen auf dem Lande lebenden Dinosaurier. In den Kreideschichten hat zuerst der Altmeister der Diatomeen-Kunde, Professor Ehrenberg, eine größere Anzahl von Diatomeen-Gruppen — beson-ders Coscinodiscus, Eupodiscus, Diploneis und Triceratium — gefunden und in seiner Schrift „Das Erden und Felsen schaffende Wirken des unsicht-bar kleinen Lebens“ auf die Bedeutung dieser win-zigen Lebewesen hingewiesen. Zwischen Kreide und

Jura tritt der Iguanodon in die Erscheinung. In der triassischen Schicht findet man die echten Ammoniten, die klassischen Leitfossilien in dem Labyrinth der geologischen Altersbestimmung.

Die alte, hundert Millionen Jahre hinter uns liegende Zeit umfaßt die permischen, karbonischen, devonischen, silurischen, kambrischen und präkambrischen Schichten. In der silurischen Periode, der Blütezeit der Triboliten, bemerkt man das erste Auftreten der Fische.

Wir haben alle Ursache zu glauben, daß viele Diatomeenarten, teils Vorläufer der gegenwärtigen Formen, Zeugen der frühesten Evolutionen waren. So vielseitig sind in der Tat die Lebensmöglichkeiten der Diatomeen, daß Professor Brun-Genf*) nicht ohne Grund die Betrachtung anstellt, daß wenn jemals — vielleicht vom Strahlungsdruck getrieben? — kosmischer Staub von einem fremden Weltkörper zu dem unsrigen gelangt, und wir darin Keime von Lebewesen entdecken, sich unter diesen wohl auch Spuren von dem Vorhandensein von Diatomeen finden würden.

Trotz der außerordentlichen Zartheit der Diatomeen-Panzer ist es auch nicht ausgeschlossen, daß einmal deren Spuren in den Schichten der ältesten Perioden angetroffen werden. Triboliten und Nummuliten übersieht man nicht leicht, aber die mit unbewaffnetem Auge nicht sichtbaren Kieselschalen entziehen sich der Beachtung. Die glücklichen Funde sind jedenfalls selten. So fiel vor etwa 25 Jahren dem vorgenannten Genfer Professor ein Kalkstein aus dem Norden Japans in die Hände, der sich als außerordentlich reich an fossilen Meeresdiatomeen erwies, deren Erhaltung in dem aus dem Pliozän stammenden

*) Diatomées fossiles du Japon, per Jacques Brun (1889), Seite 6.

Gestein der bituminösen Eigenschaft des letzteren zuzuschreiben ist. Neben den von Professor Ehrenberg beschriebenen Kreidetier-Formen fand Professor Brun in dem Gestein aus den Bergen von Sendai und Yeds verschiedene Arten *Auliscus*, *Aulacodiscus*, *Cambylodiscus* usw., darunter seltsame Formen, die unverkennbar als Vorläufer der gegenwärtigen Arten derselben Gruppen anzusprechen sind.



Diatomeen.

Die Diatomeen (oder Kieselalgen) und deren Vorkommen im Schlick.

Von Claudius Bodé, Hannover.

Obwohl die ersten direkten Anfänge der Kieselalgenkunde schon um die Mitte des 18. Jahrhunderts zur Kenntnis der gelehrten Welt gelangten, verbreitete sich die nähere Bekanntschaft mit diesem „seltsamen Wesen“ doch erst gegen Ausgang der dreißiger Jahre des 19. Jahrhunderts, um von da an einen immer größer werdenden Kreis begeisterter Anhänger in ihren Bann zu ziehen. Und wer sich einmal in diesem Zauberbann der Formenpracht und glitzernder Schönheit gefangen sieht, der reißt sich nimmer von ihm los.

Vornehmlich dem berühmten Erforscher der Kleinwelt, Christian Gottfried Ehrenberg, zeitweilig Reisegefährte Alex v. Humboldt's, verdanken wir die weitgehendste Erkenntnis der Diatomeen und die vorausschauende Auffassung ihrer Daseinsbedingungen.

Ein vormärzlicher Zeitgenosse Ehrenbergs, der Botaniker Dr. F. T. Kützing, veröffentlichte damals die mit unübertroffenem Fleiße zusammengestellten und selbst gestochenen Tafeln seiner „phycologischen“ Arbeiten. Unter den späteren Forschern zeichnen sich die Deutschen Rabenhorst und Grunow, der Belgier Van Heurck und der Engländer Wm. Smith aus. Vor allem sind es auch Laien, die sich in allen europäischen Ländern mit der nunmehr wissenschaftlich ausgestalteten Diatomeenkunde beschäftigt haben.

Wohl kein anderes Lebewesen hat eine so erstaunlich große Verbreitung auf unserem Erdball gefunden wie die Kieselalgen. An der Entwicklung keines anderen Lebewesens dürften in der endlosen Kette der Erdperioden von einem gegebenen Zeitpunkte an die Jahrtausende ohne eine in so geringem Maße sichtbare Wandlung der Formen vorübergerollt sein, wie bei diesen Feen-Gebilden der Natur!

Die fast unzerstörbaren Kieselpanzer der im Meere vorkommenden Diatomeen rieseln nach deren Absterben zu Boden und bilden allmählich ausgedehnte Schichten unverweslicher Substanz. Der Mergelschiefer von Oran (Algier) ist ein solches dem jüngsten Abschnitt der Tertiärzeit — dem Pliozän — entstammendes aus einer beträchtlichen Zahl mariner Formen bestehendes Sediment. Unter diesen fossilen Kieselpanzern zeichnet sich ganz besonders der *Coscinodiscus oculus iridis* aus. Vergleichen wir die verschiedenen Arten des Mergelschiefers der afrikanischen Küste mit den heute vorkommenden gleichen Arten, so ist kein erhebenswerter Unterschied festzustellen.

Ganz ähnlich stellt sich der Vergleich zwischen den Kieselpanzern der Diatomeen Erde (gewöhnlich Kieselgur genannt) der Lüneburger Heide, in der Ehrenberg Vertreter der Gattungen *Melosira*, *Navicula*, *Synedra* usw. fand, und den heutigen Vertretern derselben Arten und Gattungen, wobei zu erwähnen ist, daß jene fossilen Formen ihre Struktur auf's vortrefflichste bewahrt haben. Ob man nun die Diatomeen-Erde von Lüneburg wählt oder von Franzensbad, Tokay, Caltanissetta in Sizilien, oder von der Sierra Nevada in Kalifornien, das Ergebnis des Vergleichs bleibt dasselbe; man findet wohl andere Formen, andere Arten, aber die der fossilen Diatomeen gleichen überall den rezenten.*)

*) Kützing, „Phycologia germanica“, gedruckt Mai 1845, Seite 56.

Seltsam! Ein Lebewesen, das sich nicht weiter entwickeln konnte und etwa zurzeit des Kreidemeeres stehen blieb. Und das Ende der Kreidezeit mag nach Angabe der Geologen beiläufig um zwei bis drei Millionen Jahre zurückliegen.

Das Kreidemeer ist ja nur ein Bruchteil der Erdgeschichte, — doch welche umfassende Veränderungen im Anlitz unseres Wandelsterns wie in der Fortentwicklung des Tier- und Pflanzenlebens haben sich seitdem vollzogen! — Alles, was das tertiäre Weltalter geschaffen, schlummerte im Zeitenschoße.

Dem Dornröschen gleich, hatte die Diatomee sich in ihrem festen Kristallpanzer eingekapselt, was die Begrenzung ihres Umfanges zur Folge hatte und die Möglichkeit weitgehender Formveränderung ausschloß, sie überhaupt in der Weiterentwicklung behinderte.

Es wird um so leichter, schreibt Carl Chun, die Tiefe der Meere, worin fossile Diatomeen abgelagert wurden, abzuschätzen, als diese winzigen und so leicht zerbrechlichen Formen, von dem ummodelnden Einflusse äußerer Bedingungen dort kaum betroffen, seit paläozoischen Zeiten ihre Gestalt nicht erheblich verändert haben. Eine Kieselgur, die aus *Coscinodiscus*-Arten, *Asteromphalus*, *Fragilaria*, *Synedra*, *Rhizosolenia*, *Chaetoceras* und *Radiolarien* zusammengesetzt ist, weist darauf hin, daß sie in einem tiefen, kalten Meere zur Ablagerung gelangte. Sind die Schalen weniger angefressen und gesellen sich zu ihnen vereinzelt Globigerinen, so liegt ein Sediment aus mittlerer Tiefe vor. Findet man endlich „wohlerhaltene“ Schalen von *Chaetoceras*, „ganze“ *Rhizosolenien* und dem *Corethron* ähnliche Formen, so darf man mit Sicherheit darauf schließen, daß es sich um den Boden einer Flachsee handelt.

Wo gäbe es keine Diatomeen auf unserem Erdball?! Und in welchem umfangreichen Maße haben diese winzigen Baumeister der Natur zu dessen Auf-

bau beigetragen! Hat man doch berechnet, daß der Diatomeen-Schlamm alles in allem ein Areal von rund 23 Millionen qkm, gleich 6,4 Prozent der Gesamtheit der Meeresböden einnimmt.

Diatomeen findet man überall wo nur hinreichend Feuchtigkeit zu ihrem Fortkommen vorhanden ist. Man findet sie im Meere, in Flüssen, Seen, Weihern und Pfützen aller Art, auf den Dächern und in Gruben, an überrieselten Felsen, am Holzwerk in fließenden Gewässern. Man findet sie schwimmend auf der Oberfläche des Wassers und — soweit das Licht reicht — in der Tiefe als Grundbewohner. Auch die Art des Wassers ist gleich. Sie gedeihen im Salz- und Süßwasser, sowie auch in der Brackwasserzone. Wie die Spaltalgen, tauchen auch sie in heiße Quellen, — aber ebenso unbedenklich gehen sie in den eisfrischen Born. In den Nordtiroler Kalkalpen sprudelt oberhalb Innsbruck, etwas unter der 2300 Meter hohen Hafelekar-Spitze, eine kalte Quelle von nur 2° — und in ihr leben Diatomeen, wie man sie auch auf den Schneefeldern hochoben in den Alpen findet! — *Navicula oblonga* lebt sowohl in kalten Bächen wie in dem Wasser des $72,5^{\circ}$ heißen Karlsbader Sprudels. Diatomeen findet man in dem bekannten Geiser auf Island, dessen Temperatur auf 85° steigt.

D. Schumann erwähnt in seiner Arbeit über preußische Diatomeen, er habe ein Klümpchen gefrorene Erde, das einer dreitägigen Kälte von 20° R. ausgesetzt gewesen war, im warmen Zimmer auftauen lassen und die darin befindlichen Naviculeen bald in lebhafter Bewegung gefunden.

Vom Aequator bis zum Nordpol -- überall sind sie zu Hause. Aber wo findet man sie so massenhaft und in so reicher Mannigfaltigkeit der Arten wie im blauen Schlick unserer Nordseehäfen? — Ich glaube nirgends.

In dem eiskalten, unter Nullgrad abgekühlten Oberflächenwasser der Antarc̄tis pulsiert ein erstaunlich reiches tierisches und pflanzliches Leben, worüber Carl Chun in seinem Bericht über die Expedition der Anfang Mai 1899 in den Hamburger Hafen zurückgekehrten „Valdivia“ bemerkenswerte Aufschlüsse gibt. Sobald die Sonne dort im Frühjahr über den Horizont steigt, beginnt die Oberfläche sich mit mikroskopischen Organismen zu beleben, die sich im Frühsommer etwas verringern, um dann während der Hochsommer-Monate zum zweiten Mal eine Periode üppiger Vermehrung einzuleiten. Darauf nimmt ihre Kraft ab. Ließ man die Plankton-Netze in das Wasser hinab, so kamen sie mit einem bräunlichen Brei von Organismen gefüllt zurück, der sich bei näherer Untersuchung als fast ausschließlich aus Diatomeen bestehend erwies. Am Fuße der Eisberge, am Rande der Schollen, bemerkte man einen gelbbraunen Strich — eine Anhäufung von Diatomeen. Wenn ein Sturm einsetzte und die Brandungswogen hoch an den Eisbergen in Schaum zerstoben, fiel es auf, daß der Gischt nicht das blendende Weiß der Eisberge zeigte, sondern häufig gelblich oder grau erschien, was lediglich von der massenhaften Beimengung des Kleinlebens herrührt.

Es hat somit den Anschein, daß die Plankton-Wesen des Salzwassers den Kontakt mit dem Schmelzwasser der Eisberge wohl vertragen, denn sonst dürfte man wohl annehmen, daß sie ohne weiteres in die Tiefe rieseln würden.

Der Großmeister der Diatomeenkunde, Ehrenberg, hat sich in emsiger Arbeit damit befaßt, alle möglichen Substanzen: Dammerde, Mergel, Guano, Passatstaub, den dunklen Anflug auf dem Schnee usw. auf ihren organischen Inhalt zu untersuchen. Ueberall fand er Diatomeen; manchmal so reichlich, wie im Schlick von Cuxhaven und Emden, sowie in der

Kieselgur der Lüneburger Heide, daß sich ihm der Gedanke aufdrängte, diese winzigen Lebewesen sind seit Urzeiten nicht ohne Bedeutung für den Aufbau der Erde gewesen.

Freilich, Wasser — Wiege und Urquell alles Organischen ist — Vorbedingung für die Lebensentfaltung der Diatomeenzelle, wie sie denn auch, als assimilierender Organismus, zu ihrer freudigen Entwicklung des Lichtes bedarf. Ihre Lebensfähigkeit ist jedoch so groß, daß sie auch bei sehr geringer Feuchtigkeit auszuharren vermag. Wie schon von Ehrenberg beobachtet und von E. Pfitzer bestätigt worden ist, zieht sich das Plasma, zusammenschrumpfend, in eine Ecke zurück, um unter neu eintretenden günstigen Verhältnissen, selbst nach acht Monaten, wieder aufzuquellen und nach Verlauf von etwa acht Tagen seine Funktionen wieder zu übernehmen. Dies erklärt zur Genüge die Verbreitung der Kieselalgen durch die Luft.

Wie sie ein allmähliches Austrocknen in gewissen Grenzen überstehen, büßen sie auch bei längerer Entziehung des Lichtes ihre Lebenskraft im allgemeinen nicht ein. In mir von Südamerika zugegangenen Schlickproben habe ich *Navicula*-Arten gefunden, die unterm Mikroskop alsbald ihre eigentümlichen Bewegungen ausführten. In dem mir von den Nordseeinseln gesandten Watt-Sand habe ich verschiedentlich lebende Diatomeen angetroffen.

Dicht neben dem Wattenmeer liegen die trockenen weißen Sanddünen; darin findet man keine Diatomeen.

Wie im antarctischen Meer, so zeigt sich auch in unseren Zonen ihre mittelbare oder unmittelbare Abhängigkeit von der zu- oder abnehmenden Wärme des Sonnenlichts: Herbst und Frühling sind ihre vornehmsten Entwicklungsperioden. Voraussichtlich handelt es sich dabei vornehmlich um eine Ernährungsfrage. Es liegt die Annahme nahe, daß nach

der Wucherungsperiode der Diatomeen die Nährstoffe und vor allem die Kieselerdeverbindungen aufgebraucht und nur noch im Minimum in den betreffenden Gewässern vorhanden sind.

Zu grelles Licht sagt ihnen aber so wenig zu, daß sie sich, sobald man sie demselben aussetzt, im Schlamm vergraben.

Sehr zutreffend erblickt Francé in diesen bescheidenen und doch vielsagenden Lebensäußerungen den „rührend unbeholfenen Ausdruck von dumpfer Lust und Unlust“, durch deren Sporn sich die Kieselzelle mit vermutlich großer Anstrengung diese wenn auch noch so beschränkte Beweglichkeit geschaffen hat, um auch auf ihre Weise teilzuhaben an der Daseinsfreude, die auch dem Plasma einer bescheidenen Stükelalge nicht versagt sein kann. Im Uebrigen, was wissen wir letzten Endes vom Plasma? Wir ahnen nur, welche differente Formbestandteile in dem uns trotz unserer mikroskopischen Hilfsmittel homogen erscheinenden Plasma verborgen liegen!

Nach Vorstehendem müßten kieselarme Gewässer einen Rückgang, stark kieselhaltige Gewässer dagegen eine Begünstigung der Entwicklungsperioden der Diatomeen zur Voraussetzung haben. Das mag im Allgemeinen auch wohl zutreffen.

Nun wird aber von vertrauenswürdiger Seite versichert, daß die bereits von Kützing beschriebene, sehr kalte Wasser höherer Alpen erfordernde Diatoma (*Odontidium*) hiemale ein üppiges Entstehen und Gedeihen in einem ausgesprochen kalkhaltigen Quellwasser der Tiroler Solstein-Kette findet, das als durchaus frei von dem zum Aufbau des Kieselpanzers nötigen Silizium dargestellt wird. Wohlverstanden, die chemische Untersuchung hat in dem Rückstande des abgedampften Quellwassers nicht die geringste Spur dieses Elements nachzuweisen vermocht. Seltsam! Ehe man sich indeß mit der

somit nahegelegten, dem jetzigen Stande unserer Wissenschaft fremden Möglichkeit befreundet, daß das zu der Reihe der Nichtmetalle gehörende Silizium durch eine geheimnisvolle Umwandlung anderer Elemente in das aus Zellulose bestehende Grundmembran der Diatoma gelangt — was an sich ja gleichwertig mit der Umwandlung von Blei in Silber oder von Brom in Jod wäre — möchte man zunächst fragen, ob der in dem Panzer der Diatoma unzweifelhaft vorhandene Kiesel sich letzten Endes nicht doch in dem Quellwasser chemisch nachweisen ließe . . . und wenn nicht in dem Wasser selbst, vielleicht in der Umgebung des Rinnsals, in dem die Diatoma hiemale so massenhaft vorkommt. Kiesel ist bekanntlich das Element, das nächst dem Sauerstoff am reichlichsten auf der Erdoberfläche — und oft in den verwickeltesten Beziehungen — vorkommt.

Immerhin, daß die scheinbar so hilflose Stückelalge ihr Baumaterial dort wo es uns verborgen ist zu finden und es sich mittelbar oder unmittelbar anzueignen weiß, das muß unser Staunen erregen. Der kleine Baumeister findet es, wo es, wenn unsere Begriffe von den Grundstoffen stimmen, in irgend einer Form vorhanden sein muß . . . und wo wir im Dunkeln tappen. Wenn wir aber später einmal einer Wandlung unserer Ansichten über die eigentliche Natur der Elemente gegenüberstehen, dann wird sich auch wohl dies Dunkel aufhellen. Vielleicht hilft uns die Diatoma hiemale zu einem richtigen Verständnis der Tatsache, daß es William Ramsay gelungen ist, Lithium und Silizium in Kohlenstoff umzuwandeln. Stimmt das, so wäre ja auch die Umwandlung von Kohlenstoff in Kiesel nicht mehr außerhalb des Bereiches der Möglichkeit.

Hinsichtlich der Menge des Plankton-Vorkommens lassen sich, wie Carl Chun in seiner Beschreibung der „Valdivia“ Expedition bemerkt, die Wasser-

schichten in drei Stockwerke gliedern, und zwar zeichnet sich die oberste bis zu 80 Meter Tiefe reichende Etage dadurch aus, daß in ihr die niederen pflanzlichen Organismen unter dem Einflusse des Sonnenlichtes üppig gedeihen, indem sie durch Assimilation ihren Leib aufbauen. Die zweite, von 80 bis 350 Meter reichende Etage, zeichnet sich dadurch aus, daß in ihr, ganz unabhängig von den verschiedenen dort obwaltenden Temperaturen, nur wenig pflanzliche Organismen ihre Daseinsbedingungen finden. Diese „Schatten-Flora“, wie sie einer der Teilnehmer der Expedition, der leider so früh verstorbene Professor Schimper, genannt hat, setzt sich aus einigen Diatomeengattungen, der nur in einer Art bekannten Planktoniella, dem wenig artenreichen Asteromphalus und dem Kosmopolitan Coscinodiscus, sowie aus der kugeligen Algengattung Halosphaera zusammen. Unterhalb 350 Meter bis zum Grunde vermögen keine pflanzlichen Organismen zu existieren. Sie zeigen bei ihrem Vorkommen stets unverkennbare Spuren des Zerfalls, der sich zunächst in einer abnormen Anhäufung der Chromatophoren kund gibt.)*

Wenn nun trotzdem in der unteren Region eine tierische, auf Pflanzenkost angewiesene Lebewelt reichlich auftritt, so erklärt sich die Nahrungsfrage einfach dadurch, daß bekanntlich auf den oberen Etagen vorkommende pflanzliche Reste in ganz bedeutendem Umfange beständig niederrieseln.

Auf die Organismen an der Oberfläche ist letzten Endes — als Urnahrung — der gesamte Tierbestand des Meeres angewiesen, die Tiefsee-Fauna nicht ausgenommen, und unter diesen Organismen spielen die

*) Chromatophoren, Farbstoffträger, sind Plasmagebilde mit der bedeutsamen Fähigkeit, verschiedene Farbstoffe auszubilden. Die grünen Chr. heißen Chloroplasten, die roten und gelben Arromoplasten. Das Blattgrün heißt bekanntlich Chlorophyll.

Diatomeen eine hervorragende Rolle. So einfach und selbstverständlich dieser Ausspruch auch klingt, es hat doch recht sorgfältiger Versuche bedurft, um solches Leitmotiv einwandfrei festzustellen.

Wenn man aus dem atlantischen Ozean Plankton schöpft, kann man sicher darauf rechnen, mit den Gattungen *Rhizosolenia* und *Chaetoceras*, derer im Vorhergehenden schon gedacht wurde, ferner *Biddulphia* und *Bacteriastrum*, sowie mehreren der schönsten und bedeutsamsten Arten von Triceratien, *Coscinodiscus*, *Auliscus* und *Arachnoidiscus* — die wir zumeist auch im Schlick der Nordseeküste vertreten finden — bekannt zu werden.

Im Nordatlantik trifft man wieder andere Lebensformen der Kieselalgen an.

In der salzarmen Ostsee bevölkern *Hemiaulus*-Arten in solchen Mengen die oberen Wasserschichten, daß man schon lange den naheliegenden Vergleich zwischen der Nahrungsmenge einer üppigen Wiese und diesen „Algentriften“ angestellt hat, der aber zu Gunsten der Wasserpflanzen ausfällt.

Wie gesagt, ein großer Teil der uns als Nahrungsmittel dienenden Fische wie Heringe, Schellfische, Schollen, Stinte usw. sind letzten Endes auf diese Kieselalgen-Weide angewiesen, der somit eine nicht unbedeutende volkswirtschaftliche Bedeutung zukommt.

Bringt man Magen und Eingeweide dieser Fische in ein großes Probierröhrchen, setzt etwas Wasser hinzu und behandelt das Ganze mit Natriumsuperoxyd, so findet man in dem zentrifugierten Bodensatz, außer etwa den verwandten Peridinien, die Schalen der ihnen als Nahrung dienenden Diatomeen.

Dem außerordentlich verbreiteten Vorkommen der Kieselalgen entspricht ihre staunenswerte Fortpflanzungsfähigkeit. Warum auch nicht? Die Eltern haben ja in keiner Weise für die Weiterentwicklung der Nachkommen zu sorgen. Die Vermehrung der

Kieselalgen kann durch Zellteilung und Auxosporen (Verjüngungszellen), sowie durch Dauerzellen und Mikrosporen erfolgen.

Seit einer Reihe von Jahren haben viele Forscher Untersuchungen über diese verschiedenen Fortpflanzungsmöglichkeiten angestellt und die Ergebnisse ihrer Beobachtungen in gelehrten Schriften niedergelegt. Obwohl die in die Erscheinung tretenden Vorgänge, vornehmlich bei der Querteilung, genau festgestellt sind, bleibt über das Wesen der Dinge doch noch Manches aufzuklären.

Die Vermehrung geht zunächst durch die Zellteilung vor sich. Aber diese Teilung bedingt eine stetige Abnahme der Größe der Kieselzellen der auf einander folgenden Generationen. Eine gegebene Zelle schafft bei der 12. Teilung bereits 4096 Enkelzellen. Dementsprechend findet eine Größenabnahme statt, und von Fall zu Fall vermehrt sich natürlich die Zahl der an Größe verringerten Individuen. Diese Berechnung entspricht aber nicht ganz den Tatsachen. Ich habe ansehnliche Sammlungen von einigen Discoideen- und Triceratien-Arten aus verschiedenen Fundorten zusammengestellt, habe aber doch nur Größen-Unterschiede in bescheidenen Grenzen gefunden. Bei einer in's Unendliche fortgesetzten Größenverringering dieser schon an sich winzigen Lebewesen müßten bald Individuen entstehen, die selbst unter Zuhilfenahme der vollkommensten mikroskopischen Vorrichtungen nicht mehr zu erkennen wären.

Nun hatte man früher wohl angenommen, daß die Tochterzellen nach der Trennung wüchsen. Diese bequeme Annahme ist indessen durch sorgfältig genaue Beobachtungen als irrig zurückgewiesen worden. Dagegen erkannte man, daß „die Natur Wege fand“, die durch fortgesetzte Teilung verursachte Zwerghaftigkeit der Zellen wieder auf die ursprüngliche Größe zu bringen, von der aus der

Teilungsprozeß von Neuem beginnen kann. Es war der Naturforscher Ffitzer, der die Verhältnisse zuerst sorgsam erkundete und das Geheimnis der Verjüngung-Zellen erklärte.

Die Vermehrung ist dabei eine außerordentlich große; als Endergebnis der Querteilung und Auxosporen-Bildung hat man z. B. bei *Melosira avenaria* die Nachfolgerschaft einer Zelle nach der 43. Teilung mit einer zwölfstelligen Zahl berechnet.

Die „Dauerzellen“ sind überhaupt erst bei einigen wenigen Formen bekannt. Auch hinsichtlich der hie und da wahrgenommenen „Mikrosporen“ ist das Ergebnis näherer Versuche noch abzuwarten. Bedeutsam ist die Wahrnehmung immerhin insofern als Zellen beobachtet wurden, die angeblich 128 Kerne enthielten. Da breitet sich für den Forscher, der wie Wagner im Faust denkt:

„Zwar weiß ich viel,

„Doch möcht' ich Alles wissen“

ein weites Forschungsgebiet aus.

Der Teilungsvorgang spielt sich wie bei anderen Algen meist bei Nacht ab und ist in der Regel in wenigen Stunden vollendet. Im allgemeinen kann angenommen werden, daß etwa alle acht Tage die Teilung einer Zelle erfolgt. Das schafft!

Wenn das „Kieselmieder“ der Zelle zu eng wird, da läßt sie sich eben nicht weiter einschnüren und das Mieder wird kurzerhand beiseite geschoben; die eine macht's so, die andere anders — je nach Art und Gattung, und bei den alsbald stattfindenden Verjüngungsvorgängen abseiten der naktgewordenen Zellen hat man geschlechtliche und ungeschlechtliche Sporenbildung beobachtet.

Es ist leicht gesagt, „die Natur bediene sich solcher Mittel“, aber mit bequemen Redensarten wird der über dem Geheimnisvollen schwebende Schleier nicht gelüftet. Das „sorgsame Walten einer denkenden Natur“

ist eine Illusion, bei der man sich die Einwirkung außenstehender Kräfte vorstellen soll. Hätte die Zelle nicht selbst den Weg gefunden, so gäbe es keine Diatomeen mehr. Nur die sich immer wieder neubildende Einschachtelung hat zur Folge, daß die Kieselalge getreulich das Abbild der Urzeit bewahrt. Sie stellt nach der geistreichen Auffassung Francés eine „lebende Fossilie“ dar.

Und doch, wie reich haben sich innerhalb der gegebenen Grenze die Gestaltungskräfte des Plasmas sogar in diesem „Schmollwinkel“ entwickelt!

Um sich einen Begriff von der Vielseitigkeit des durch unsere aus einer abgegrenzten Zone stammenden Abbildungen zur Darstellung gebrachten Formenreichtums der Diatomeen zu machen, genügt es im Weiteren zu erfahren, daß beiläufig 4000 Arten, bei denen die Unterscheidungsmerkmale allerdings oft recht knapp gezogen sind, beschrieben worden sind. Diese Arten hat man in etwa 170 Gattungen eingeteilt und diese wiederum in zwei Hauptgruppen, die sich im Wesentlichen durch ihre Lebensweise und die derselben angepaßten Form unterscheiden. Es sind die Gruppen *Centricae* und *Pennatae*. Zu der ersteren zählt man die zentrisch gebauten, eine strahlige Richtung anstrebenden Diatomeen, die vornehmlich die marinen Formen umfassen. Die zweite Gruppe umfaßt im Besonderen die nach zweiseitiger Symmetrie strebenden Süßwasserformen, unter denen sich hauptsächlich die zwei Gattungen *Melosira* und *Cyclotella* auszeichnen. Auch die artenreichste *Navicula* ist im salzigen Meerwasser ein äußerst seltener Gast.

Die durch die größte Anzahl von Arten vertretenen Gattungen sind in folgender Reihe von Francé aufgezählt.

| | | | |
|---------------|---------------|------|-------|
| Navicula | mit beiläufig | 1000 | Arten |
| Triceratium | „ | 500 | „ |
| Coscinodiscus | „ | 350 | „ |
| Amphora | „ | 230 | „ |
| Surirella | „ | 200 | „ |
| Nitzschia | „ | 200 | „ |
| Auliscus | „ | 140 | „ |
| Biddulphia | „ | 130 | „ |
| Melosira | „ | 125 | „ |
| Aulacodiscus | „ | 120 | „ |

Dann haben die Gattungen Pleurosigma, Actinoptychus, Fragilaria, Synedra, Cocconeis und Campylodiscus immerhin noch je über 100 Arten. Die übrigen Gattungen, unter denen sich verschiedene häufig vorkommende, wie Arachnoidiscus (8), Planktoniella (1), Diatoma (1), Baktoriastrum (5) usw. befinden, sind auffällig wenig abänderungsfähig.

Die nach meinem Empfinden schönsten Arten findet man unter der Gattung Aulacodiscus, von der Haeckel in seinen „Kunstformen der Natur“ die Art Grevilleanus besonders hervorgehoben hat.

Im Brackwasser kommen viele Vertreter beider Gruppen vor, ein Zeichen der Anpassungsfähigkeit dieser Lebewesen. Ja, grade im Brackwasser scheinen sie ein recht fröhliches Gedeihen zu finden.

Es möge hier auf die im Anhang im Einzelnen aufgezählten Formen der in Deutschland im Brackwasser vorkommenden Diatomeen verwiesen sein. Von den im Vorstehenden genannten artenreichsten Gattungen fehlt keine darunter. Aus der Gruppe der Centricae zeichnen sich wegen ihres häufigen Vorkommens, besonders Vertreter der Discoideae-Familie aus: Melosira, Cyclotella und der nirgends fehlenden Coscinodiscus; dann solche der Familie Solenoideae, besonders: Triceratium und Biddulphia.

Aus der Gruppe der Pennatae finden sich darunter vornehmlich Vertreter der Gattungen Gyrosigma, Navicula, Nitzschia, Surirella und der hübsche Campylodiscus.

Und all' die vorbezeichneten Diatomeen finden wir im Schlick der deutschen und holländischen Nordseehäfen in großen Mengen vertreten. All' diese Arten, Vertreter der Salz- und Süßwasser-Formen, leben nicht nur im Brackwasser, sie leben und gedeihen auch auf der Oberfläche des Schlicks; ist doch die Bedingung für das Vorkommen der freien sich auf dem Grunde entwickelnden Formen das Vorhandensein eines genügenden pflanzlichen Detritus — einer der Hauptbestandteile des Schlicks — und sie fristen ihr Dasein sowohl auf der jedes Mal allerobersten, jüngsten, wie auch in der darunter liegenden Schicht, soweit überhaupt die Lichtstrahlen darin vorzudringen vermögen.

Daß man im Schlick eine solche Unmasse abgestorbener Formen findet, ist demnach nicht zu verwundern. Ein ständiges Werden und Vergehen.

Ich lasse gern die von meinem früheren Lehrer der Physik, Dr. Prestel, († am 20. Februar 1880) verfochtene Ansicht gelten, die auch Dr. Harm Poppen-Jena in den Annalen der Hydrographie vertritt*), daß die Brackwasserzone als das „chemische Laboratorium“ für die Geologie der Marschen, mit anderen Worten für die Schlickbildung anzusprechen ist. Meine in nicht unbedeutendem Umfange ausgeführten Untersuchungen haben mich indeß zu der Ansicht bekehrt, daß die sich an den Flußmündungen vollziehende Süß- und Salzwasservermischung zu Brackwasser nicht von dem allgemein angenommenen „großen Sterbeprozess“ begleitet ist.

*) Heft VI, Seite 280.

Die Flußmündungen, heißt es schon in dem 1881 im Haynel'schen Verlage erschienenen Werke „Ostfriesland“, sind als die großen Leichenäcker anzusehen, auf denen Millionen und aber Millionen winziger Lebewesen, denen durch das Zusammenfließen von Süß- und Salzwasser ihr eigentliches Lebenselement entzogen ist, hingebettet ihres Ostertages harren. Für Unzählige ist er schon gekommen, und in verklärter Gestalt treten uns ihre Leiber in der üppigen Vegetation der Marschen, Polder und „Grodén“ entgegen.

Nach Untersuchungen, die Prof. Harting zu Anfang der achtziger Jahre des vorigen Jahrhunderts anstellte, sollte der Dollart-Schlick etwa zum zehnten Teil aus Ueberresten mikroskopischer Organismen — und darunter vornehmlich Frustulia-Arten — bestehen. Daraus zog man die Bestätigung der bis heute bestehenden Schlußfolgerung, daß die „Stauzeit“ für diese Mikro-Organismen die allgemeine Sterbestunde bedeute.

In diesem Sinne möchte ich das von De Vries und Focken*) geprägte Schlagwort vom großen „Leichenacker“ nicht aufgefaßt wissen. Wie gesagt, heute ist es eine bekannte Tatsache, daß viele Vertreter beider Diatomeen-Gruppen im Brackwasser ganz vorzüglich leben und gedeihen.

Man hat versucht, die sogenannten Sterbeprozesse wissenschaftlich dadurch zu erklären, daß die im Flußwasser in gelöstem Zustande enthaltene Humus-säure eine Verbindung mit den Basen der Meeres-salze (der Kalkerde und Talkerde) eingeht, was bei der Plötzlichkeit des Vorganges auch wohl das Niedersinken eines Teiles dieser Lebewesen verursachen mag. Aber wo ist dieser Sterbeprozess beobachtet worden? In den Annalen der Hydrobiologie (Juni-Heft 1912) heißt es hinsichtlich des, der Kleinwelt

*) „Ostfriesland“, Seite 41.

angeblich ihr Lebenselement entziehenden chemischen Ausscheideprozesses: „Wäre man in der Lage, diese Vorgänge mit dem Auge beobachten zu können, so würde man staunen über den Regen an ferrigenen und organischen Sedimenten, die sich hier niederschlagen.“ Unter Hinweis auf das hierüber anlässlich der Schlickbildung Gesagte, beschränke ich mich an dieser Stelle darauf, zu erklären, daß ich in meinem Kleinwelt-Aquarium dem Süßwasser öfters Nordseewasser beigemischt und stets beobachtet habe, daß nicht nur die darin lebenden Infusorien und Algen, sondern auch im Besonderen die Naviculeen, die doch *par excellence* als Süßwasser-Diatomeen gelten, dabei ganz vorzüglich gedeihen.

Ueberhaupt auch, da die Pflanzen allein imstande sind, organische Substanz aus unorganischer umzubilden — zu assimilieren —, und da wir Pflanzen gerade auf hoher See als Plankton gedeihen sehen, liegt es auf der Hand, daß sie im Meerwasser alle zum Aufbau ihres Körpers nötigen Nährstoffe vorfinden. Das Meerwasser, in dem vornehmlich Kohlenstoff, Sauerstoff und Stickstoff, sowie Schwefel, Phosphor, Calcium, Kalium, Magnesium, Eisen und — last not least — Silicium vorherrschen, eben die für das Gedeihen der im Wasser lebenden Pflanzen erforderlichen Stoffe, kurz das Meerwasser wirkt geradezu als „Nährlösung“ für die Mehrzahl der im Süßwasser lebenden Pflanzen.

Der Schlickboden ist allerdings der bedeutsame Leichenacker, in dem tatsächlich die unzerstörbaren Ueberreste der sich folgenden Generationen vieler Diatomeen-Arten vorhanden sind. Bei dem ständigen Niedersinken der organischen und anorganischen Schwemmstoffe bilden sich fortwährend neue Schlickschichten, die Alles bedecken, was inzwischen im natürlichen Laufe der Dinge gestorben ist.

Die der vornehmlich schlickbildenden Brackwasser-Zone aus den Flüssen zugeführten Organismen enthalten im übrigen eine verhältnismäßig garnicht so große Anzahl von Kieselalgen. Wie denn überhaupt, zufolge der Selbstreinigung der Flüsse — ein mikrobiologisches Problem der Neuzeit — den Mündungen im allgemeinen nicht solche Unmengen lebender Organismen zugeführt werden wie früher geglaubt wurde.

Und die Vertreter der im Meerwasser lebenden Typen der Kieselalgen vertragen erst recht den Uebergang von reinem Salzwasser ins Brackwassergebiet, wie u. a. durch das massenhafte Vorkommen der *Melosira* und *Coscinodiscus*arten im Brackwasser und im Schlick glaubhaft gemacht wird.

Solange man kein allen Anforderungen genügendes Verfahren zur Aufschließung und genauen Untersuchung des Schlicks auf seinen Diatomeen-Gehalt kannte, mußte die Erkenntnis des darin vorkommenden Artenreichtumes eine ganz unvollständige bleiben. Die Technik dieses Verfahrens habe ich im „Mikrokosmos“ näher beschrieben. Einen erheblichen Unterschied in dem Vorkommen an den verschiedenen Fundstellen der deutschen Bucht oder der holländischen Küste habe ich nicht feststellen können. Jedenfalls glaube ich durch meine sorgsam durchgeführte Forschung dahin gelangt zu sein, die große Mehrzahl dieser Arten in den beigefügten Abbildungen dem Leser vor Augen führen zu können.

Wer einmal unter dem Mikroskop beobachtet hat, wie die *Navicula*- und *Nitzschia*-Arten sich im Wassertropfen fortbewegen, öfters zögernd stehen bleiben, um dann wieder rückwärts zu gondeln, und so gewissermaßen einen Willen bekunden — der zweifelt, wenn man ihm sagt, daß diese Lebewesen Pflanzen sind. Denkt die Allgemeinheit bei der Pflanze doch zunächst an die Bodenständigkeit. Und

doch, diese Lebewesen gehören zu den Algen und sind nicht das, was wir uns unter dem Begriff „Tier“ vorzustellen haben. Die Diatomeen sind Einzeller, neben so vielen anderen, die wir als Protisten an der von uns selbst gezogenen Grenzlinie finden, wo die Begriffe Pflanze und Tier ineinander zu laufen scheinen. Nur ihr Kleid, ihren Kieselpanzer, haben sie tausendfältig zu ändern vermocht; in der Weiterentwicklung sind sie stehen geblieben.

Mag die Diatomee immerhin als Pflanze gelten — die Lebensfaktoren, die dem Tiere unterbreitet werden, sind auch ihr zu eigen; an ihr können wir die Einheitlichkeit der organischen Welt prüfen und bestätigt finden.



Brackwasser-Diatomeen,
die zumeist auch im Schlick der Nordsee-
Häfen vorkommen.

Von Claudius Bodé, Hannover.

Zusammenstellung der im Brackwasser-Gebiete der in die Nord- und Ostsee mündenden Ströme vorkommenden Diatomeen.

Gruppe A: Centricae.

Zumeist marine Form, vornehmlich strahliger Wuchs.

I. Discoideae.

Zellen kurz zylindrisch, oft mit den Schalenseiten zu Ketten vereint.

a) Gattung *Melosirinae*.

Gürtelseiten punktiert (oft schwer erkennbar); Zellen stets in Ketten.

Melosira Borreri. Durchmesser 0,025—0,04 mm. Auxosporen im März. Marine Form. An den Küsten der Nord- und Ostsee.

Melosira Jurgensii. Durchmesser 0,015 bis 0,03 mm. Auxosporen Juli bis September. An den deutschen Küsten. Sumpfige brackige Stellen. Emsmündung.

b) Gattung *Paralia*.

Paralia sulcata, Ehrenberg. Frusteln zylindrisch, kettenbildend; das zentrale Feld fein radial doppelt punktförmig. Areolen. Durchmesser 0,03—0,05 mm. Auch marin. Mündungen der Elbe und des Rheins.

c) Gattung *Gallionella*.

Elliptisch, sehr hoch gewölbt, mit ringförmigem Kiel.

Gallionella nummuloides, Bory. Durchmesser 0,03 mm. Auxosporen Oktober bis Dezember. An Holz- und Pfahlwerk der Uferbauten der in die Nord- und Ostsee fließenden Ströme. Auch marin.

d) Gattung *Hyalodiscus*, Ehrenberg.

Schalen kreisförmig, mit sehr deutlichem, feinpunktiertem zentralen Felde.

Hyalodiscus stelliger, Bail. Durchmesser 0,035—0,085 mm. Marin. Nordsee-Küste, Häfen der größeren Flüsse.

e) Gattung *Coscinodiscus*, Ehrenberg.

Schalen meist kreisrund, seltener elliptisch. Oberflächenstruktur gekörnt oder von Areolen gebildet.

Coscinodiscus cinctus, Ehrenberg. Durchmesser 0,085 mm. Elbmündung bei Cuxhaven usw.

Coscinodiscus excentricus, Ehrenberg. Durchmesser 0,05—0,08 mm. Polygonale, meist sechseckige Areole. Vornehmlich marine Form. Im Hafengebiet der Elbe, Weser und Ems.

Coscinodiscus minor, Ehrenberg. Durchmesser 0,0225 mm. Mündung der Elbe bei Cuxhaven usw.

Coscinodiscus decipiens, Grunow. Durchmesser 0,025—0,03 mm. Hafengebiet der Elbe. Auch marin.

Coscinodiscus lineatus, Ehrenberg. Durchmesser 0,05—0,15 mm. Mündung der Elbe und Weser.

Coscinodiscus Kützingii, A. S. Durchmesser 0,065 mm. Areolen sechsseitig. Mündung der Elbe vom Hafen (Süßwasser) bis Cuxhaven. Auch marin.

Coscinodiscus subtilis (Ehrenberg), Grunow. Durchmesser 0,025—0,07 mm. Rand ziemlich breit, mit kleinen Prozessen besetzt, sonst ähnlich dem *Cosc. Kütz.*, dem diese Randprozesse fehlen. Mündungen der Elbe, Weser und Ems.

Coscinodiscus Normanii, Grg. Durchmesser 0,06—0,11 mm. Elbmündung, Cuxhaven.

Coscinodiscus radiatus, Ehrenberg. Durchmesser 0,05—0,2 mm. Eins von Ehrenbergs Kreidetieren, vorm. die Var. *Cosc. Oculus iridis*, die auch im Schiefer von Oran (Algier) vertreten ist. Die dem Rande nahe stehenden Zellen erheblich kleiner, als nach der Mitte zu. Mündungen der sich in die Nordsee ergießenden Ströme. Auch marin.

Coscinodiscus argus, Ehrenberg. Durchmesser 0,065—0,175. Areolenstreifen 4 in der Mitte, 4—5 dicht am Rande, dazwischen 2—3 auf 0,01 mm. Elb-, Rhein-, Weser- und Emsmündung. Auch marin.

Coscinodiscus lacustris, Grunow. Durchmesser, 0,013—0,045 mm. Areolenstreifen am Rande. Süßwasser. Im Brackgebiete der Elbe, Weser, Ems usw.

Coscinodiscus nobilis, Grunow. Durchmesser 0,37—0,54 mm. Hamburger Hafen. Auch marin.

f) Gattung *Stephanodiscus*, Ehrenberg.

Rand mit einem Kranze von feinen spitzen Stacheln versehen.

Stephanodiscus Hantzschii, Grunow. Durchmesser 0,009—0,017 mm. Süßwasser. In der Elbe von Dresden bis Glückstadt und Cuxhaven.

g) Gattung *Actinoptychus*, Ehrenberg.

Schalen scheibenförmig, Oberfläche in abwechselnd erhabene und vertiefte Kreisausschnitte geteilt, wodurch überraschend hübsche Muster gebildet werden.

Actinoptychus undulatus, (Ehrenberg) Ralfs. Durchmesser 0,05—0,08 mm. Marin häufig. Hafen und Mündungen der Elbe, Weser, Ems und Rhein.

Actinoptychus splendens, Ralfs. Durchmesser 0,07—0,18 mm. Panzer nach der Mitte zu leicht vertieft, in 12 bis 20 Kreisausschnitte geteilt, abwech-

selnd heller und dunkler gefärbt. Im Seewasser häufig. Mündungen Elbe, Weser, Ems und Rhein.

h) Gattung *Actinocyclus*, Ehrenberg.

Frusteln flach schachtelförmig.

Actinocyclus subtilis, Ralfs. Durchmesser 0,05—0,1 mm. Pseudonodulus etwa um seine Breite vom Rand entfernt. Vornehmlich marine Art. Hamburger Hafen.

i) Gattung *Eupodiscus*, Ehrenberg.

In der Nähe des Randes 1 bis 4 Ansätze, die als Höcker erscheinen.

Eupodiscus argus, Ehrenberg. Durchmesser 0,08—0,2 mm. Eins von Ehrenbergs Kreidetieren. Vornehmlich marine Art. Mündungen Elbe, Weser, Ems und Rhein; sehr häufig im Schlick von Hoek van Holland.

k) Gattung *Aulacodiscus*,

davon *Aulacodiscus grevilleanus* im Brackwassergebiete der in die Nordsee mündenden Flüsse (bei Cuxhaven, Geestemünde und Emders Schleuse) vielfach gefunden.

II. *Biddulphioideae*.

Diese Klasse umfaßt die seltsamsten Formen, zumal da ihnen auch die Triceratien zugesellt worden sind.

a) Gattung *Biddulphia*, Grunow.

Frusteln von länglich rundlichem bis elliptischem Querschnitt. Zweipolig. Pole durch Buckel oder Höcker ausgezeichnet. Die Arten sind meist marin.

Biddulphia Rhombus, Ehrenberg. Länge 0,05—0,18 mm. Schalen rhombisch-elliptisch. Polhörner stumpf, nach außen gerichtet. Süßwasserbewohner. Sehr häufig im Brackwassergebiete der Nordseeküste. Vielfach Mündung der Ems.

b) Gattung *Triceratium*, Ehrenberg.

Drei- bis vieleckig. Ecken meist mit buckelartigem Ansatz.

Triceratium favus, Ehrenberg. Eins der Kreidetierte Ehrenbergs. Eine der in der Welt weitverbreitetsten Formen. Seitenlänge 0,09—0,15 mm. Dreieckig. Gürtelansicht grade oder leicht nach außen gebogen (eine andere Art hat die Seiten nach innen gebogen). Vornehmlich marin. Mündungen und Häfen der großen in die Nord- und Ostsee mündenden Ströme. Triceratien mit nach innen gebogenen drei Seiten habe ich vielfach im Brackwasser von Rio Grande gefunden.

Amphitetras autediluviana, Ehrenberg. Ziemlich weitverbreitete, im Gebiete meist seltene Meeres-Diatomeen. Abbildungen in Schmidt's Atlas, Taf. 99, Fig. 1—4, auch van Heurck's Syn. Taf. 109, Fig. 4—5. Ist von mir in der Mündung der Ems und bei Hoek van Holland gefunden worden, die einen mehr, die anderen erheblich weniger nach innen gebogen.

Gruppe B: *Vennatae*.

Die Form strebt in der Hauptsache nach zweiseitiger Symmetrie. Diese Gruppe umfaßt weniger Meeres-Diatomeen und mehr Süßwasser-Bewohner.

I. *Fragilarioideae*.

Beide Schalen mit Pseudo-Raphe, oder wenigstens eine der Schalen mit echter Raphe.

a) Gattung *Grammatophora*, Ehrenberg.

Aus einer Mutterzelle bilden sich zwei Auxosporen.

Grammatophora marina, Kugbg. Länge 0,06—0,08, Breite 0,015 mm, gradlinig begrenzt. Eine, wie der Name besagt, marine Form. Mündungen Elbe, Weser und Ems.

b) Gattung *Diatoma*.

Schalen linear, oval bis lanzettlich.

Diatoma vulgare, davon die Art „grande“ von mir im Schlick von Hoek van Holland gefunden —, im Gebiet aber sehr selten.

c) Gattung *Fragilaria*.

Zumeist Süßwasser-Bewohner.

Fragilaria (Raphoneis) amphiceros, Ehrenberg. Länge 0,04, Breite 0,015—0,022 mm. Schalen breit lanzettlich, mit in der Mitte gerundeten Seiten. Im Brackwassergebiete der Nordsee.

Fragilaria (Raphoneis) surirella, Grunow. Länge 0,04—0,045, Breite 0,015 mm. Zur lanzettlichen Form neigend. Im Brackwassergebiete der Nordsee ziemlich verbreitet.

d) Gattung der *Synedra*, Ehrenberg.

Schalen sehr lang gestreckt; lanzettlich oder linear, bisweilen leicht gebogen. Zumeist auf Wasserpflanzen aufsitzend.

Synedra lanceolata, O'Meara. Schalen sehr kurz, naviculaartig (0,035 mm) und verhältnismäßig breit (0,007 mm). Süßwasserbewohner. Untere Elbe.

Synedra sallionii, Ehrenberg. Länge 0,16 bis 0,22, Breite 0,008 mm. Süßwasser mit geringem Salzgehalt. Marin. Bei Hamburg im Koehlbrand.

Synedra tabulata, Kütz. Sehr schmal, lang lanzettlich, Enden stumpf rundlich. An der Küste der Nord- und Ostsee.

II. Achnanthoideae.

a) Gattung *Achnanthes*, Bory.

Ober- und Unterschale im Bau wesentlich verschieden. Die Zellen erscheinen in Gürtelansicht geknickt.

Achnanthes longipes, Ehrenberg. Länge 0,05 bis 0,18, Breite 0,012—0,02 mm. Elliptisch mit gerundeten, öfters etwas keilig zulaufenden Enden, gewöhnlich etwas eingezogener Mitte. In den Nordsee-Mündungen.

Achnanthes Hauckiana, Grunow. Länge 0,017 bis 0,031, Breite 0,006—0,008 mm. Breit lanzettlich, selten länglich. Süßwasserbewohner. Mündung der Elbe.

Achnanthes brevipes, Ehrenberg, davon die Var. *intermedia*, Kützing, Länge 0,03—0,05, Breite 0,01 mm. An den Küsten der Ost- und Nordsee.

b) Gattung *Cocconeis*, Ehrenberg.

Die Zellen haften meist an Wasserpflanzen, die sie häufig mit einer braunen Decke bekleiden.

Cocconeis Pediculus, Ehrenberg. Länge 0,015—0,03, Breite 0,01—0,02 mm. Auxosporen: August bis September. Süßwasser-Bewohner. Im Brackwasser sehr häufig.

Cocconeis placentula, Ehrenberg. Schalen elliptisch flach. Länge 0,012—0,035, Breite 0,08 bis 0,02 mm. Sumpfige, moorige Gräben und Tümpel. Emsmündung.

III. Naviculoideae.

Man unterscheidet in dieser artenreichen Sippe etwa 23 verschiedene Gattungen, von denen verhältnismäßig wenig und auch nur wenige von den 1000 Arten im marinen Brackwasser vorkommen.

a) Gattung *Mastogloia*, Thwaites.

Frusteln wie bei *Navicula*.

Mastogloia lanceolata, Thwaites. Länge 0,04—0,05, Breite 0,017—0,019 mm. Schalen lanzettlich. Marine Form. Im Brackwasser von Rügen und Ostfriesland.

Eine *Mastogloia*-Form, die der von J. Brun beschriebenen im indischen Ozean vorkommenden *M. de Toni* ähnelt, findet sich häufig in dem Brackwassergebiet der Nordseehäfen.

Amphiprora paludosa, W. Smidt. Länge 0,055—0,13, Breite 0,03—0,05 mm. Schalen linear-lanzettlich. Vornehmlich im Brackwasser der Salinen.

b) Gattung *Pleurosigmaeae*.

Schalen mehr oder weniger S-förmig.

Pleurosigma lanceolatum, Donkin. Länge 0,14—0,15, Breite 0,027 mm. Lanzettlich, fast gerade. Hauptsächlich Meerwasser-Bewohner. Elbmündung.

Pleurosigma delicatulum, W. S. Länge 0,015 bis 0,28, Breite 0,02—0,03 mm. Schwach S-förmig. Küsten von Holstein und Mecklenburg.

Pleurosigma elongatum, W. S. Länge 0,13 bis 0,38, Breite 0,024—0,03 mm. Ostsee.

c) Gattung *Gyrosigma*, Hassall.

Gyrosigma Parkeri, Harrison. Länge 0,1 bis 0,13, Breite 0,018—0,02 mm. Schalen ziemlich breit lanzettlich; Raphe stärker S-förmig als die Schale selbst. Davon Var. *stauroneoides*, Grunow. Mündungen Elbe, Ems.

Gyrosigma tenuissimum, W. S. Länge 0,14, Breite 0,007 mm. Leicht S-förmig, sehr spitz endend. Davon die Varietät *hyboreum* Grunow: Länge 0,084 bis 0,094, Breite 0,006—0,007 mm, mit stumpferen Enden in den Strommündungen der Nordküste. Auch marin.

Gyrosigma Spenceri, W. S. Davon die Varietät *Carvulum Ehrenberg*: Länge 0,08—0,12, Breite 0,009—0,01 mm, an der Nordseeküste.

Gyrosigma balticum, Ehrenberg. Länge 0,2 bis 0,4, Breite 0,024—0,04 mm. Schalen linear, nur nach den Enden S-förmig. Nordsee. Elbmündung.

Gyrosigma Wansbeckii, Dorkus, davon die Varietät *Peisonis* Grunow, Länge 0,11—0,17, Breite 0,015 mm, an der Nordseeküste.

d) Gattung *Navicula*, Bory.

Außerordentlich artenreich, in der Hauptsache Süßwasserbewohner. Einige Arten von Ehrenberg als Kreidetier beschrieben.

Navicula (Diploneis) interrupta, Kützing. Länge 0,03—0,07, Breite 0,012—0,024 mm. Oblong, in der Mitte tief eingebogen. Feine Ornamentierung der Schalen. Rügen. Nord- und Ostseeküste.

Navicula (Diploneis) ovalis, Hilse. Diese Form habe ich im Brackwasser bei Ymuiden gefunden. Länge 0,03, Breite 0,015 mm.

Navicula (Diploneis) interrupta, Kützing. Länge 0,03—0,07, Breite 0,012—0,024 mm. Nord- und Ostseeküsten. Von mir vielfach im Brackwassergebiete von Emden und Ymuiden gefunden.

Navicula (Caloneis) formosa, Grey. Länge 0,08—0,13, Breite 0,015—0,026 mm. Nord- und Ostsee.

Navicula gregaria, Donk. Länge 0,015 bis 0,035, Breite 0,005—0,009 mm. Lanzettlich. Küsten der Nord- und Ostsee.

Navicula crucicula, W. Smith. Länge 0,045 bis 0,07, Breite 0,015—0,019 mm. Schleswig'sche Küste. Nordseegelände.

Navicula protracta, Grunow. Länge 0,022 bis 0,035, Breite 0,008—0,01 mm. Schalen linear. Küste.

Navicula integra, W. Smith. Länge 0,027 bis 0,03, Breite 0,008—0,009 mm. Küsten Holsteins.

Navicula cineta, Ehrenberg. Davon die Var. *angusta* (Grunow); Länge 0,055—0,07, Breite 0,007 mm. An der holsteinischen Küste.

Navicula salinarum, Grunow. Länge 0,023 bis 0,037, Breite 0,01 bis 0,012 mm. Holsteinische Küste.

Navicula cancelata, Donk. Länge 0,055 bis 0,07, Breite 0,01—0,012 mm. Linear oder linear-lanzettlich. Vornehmlich Meerwasserbewohner. Mündung der Elbe.

Navicula digitorata, Grey. Länge 0,06 bis 0,07, Breite 0,012—0,018 mm. Oblong-lanzettlich. Nordseeküste.

Navicula lanceolata, davon die Varietät *minuta* (Rabenh.). Länge 0,023 mm. Elbmündung.

Navicula humerosa, Brib. Breite, rechteckige Schalen mit gerundeten Ecken. Länge 0,05, Breite 0,03—0,04 mm. Nord- und Ostseeküste.

Navicula pygmaea, Kützing. Länge 0,028—0,045, Breite 0,016—0,024 mm. Ost- und Nordseeküste.

Navicula (*Amphipleura*) *retilans*. Länge 0,015—0,035, Breite 0,004—0,006 mm. Ost- und Nordseeküste.

Navicula (*Pinnularia*) *nobilis*, Ehrenberg. van Heurck, Siehe Tafel 5, Fig. 2. Länge 0,25—0,35, Breite 0,035—0,05 mm. Schalen linear, an den Enden und in der Mitte leicht gebuckelt. Von mir in der Emsmündung im Brackwasser gefunden, auch im Schlick von Hoeck van Holland.

Navicula (*Brebissonia*) *Bockii*, Ehrenberg. Länge 0,12, Breite 0,023 mm. Ostsee bei Kiel.

e) Gattung *Stauroneis*

Schalen naviculaartig mit transversal zu einem Stauros (Kreuz) verbreiteten Mittelknoten.

Stauroneis anceps, Ehrenberg. Davon die Varietät *amphicephala*, Kützing, an der holsteinischen Küste.

f) Gattung *Pleurostauron*

Schalen ähnlich wie *stauroneis*. *Pleurostauron parvulum*, davon die Varietät *prominutum* Grun., Länge 0,023—0,04, Breite 0,004—0,008 mm. Holstein.

g) Gattung *Gomphonema*.

Schalen mehr oder weniger verlängert, keilförmig, unsymmetrisch.

Gomphonema exiguum, Kützing. Länge 0,009—0,03, Breite 0,002—0,003 mm, Marine Art, geht aber bis in die Häfen der größeren in die Nordsee mündenden Ströme.

h) Gattung *Rhoicosphenia*, Grunow, Fru-stela, keilförmig, meist gebogen.

Rhoicosphenia Vanheurckii, Grunow. Länge 0,007—0,009, Breite 0,003—0,005 mm. Mündung der Elbe.

i) Gattung *Epithemia*, Brieb.

Schale bogenförmig, Rückseite konvex, mit der Bauchseite einem Substrat aufsitzend.

Epithemia Zebra, Kützing. Länge 0,02—0,06, Breite 0,012—0,014 mm. Ems- und Elbmündung. Vielfach bei Ymuiden (Holland).

k) Gattung *Amphora*, Cleve.

Im Umriß meist elliptisch mit abgestumpften Enden.

Amphora proteus, Grey. Länge 0,07—0,15, Breite 0,04—0,06 mm. Meerwasserbewohner — vielfach in den Häfen und Mündungen der Nordsee-Ströme.

Amphora robusta, Kützing. Länge 0,065—0,17, Breite 0,038—0,12 mm. Meerwasserbewohner. An den Küsten der Nordsee.

Amphora (Halamphora) acutiuscula, Kützing. Länge 0,035—0,07, Breite 0,019 mm. Nordseeküste.

l) Gattung *Bacillaria*.

Bacillaria paradoxa, Gmelin. Länge 0,06—0,12, Breite 0,004 mm. Nord- und Ostseeküste.

m) Gattung *Tryblionella*

Tryblionella littoralis, Grunow. Länge 0,035—0,04, Breite 0,016—0,02 mm. Elbhafen bei Hamburg, — schwach brackig.

n) Gattung *Nitzschia*, Grunow.

Zellen von sehr verschiedener Form. Viele Untergattungen.

Nitzschia plana, W. S. Länge 0,1—0,17, Breite 0,02—0,025 mm. Küste von Schleswig.

Nitzschia Bribissonii, W. S. Länge 0,2—0,35, Breite 0,013—0,015 mm. Nordseeküste und von da ein Stück flußaufwärts gehend.

Nitzschia Sigmatella, Grunow. Länge 0,3—0,4, Breite 0,005 mm. Diese schlanke, S-förmige Form häufig an der Nordseeküste.

Nitzschia fasciculata, Grunow. Länge 0,05—0,1, Breite 0,006 mm. Meerwasser-Form, Elbmündung.

Nitzschia obstusa, var. *brevissima*, Mündungen der Nord- und Ostseeflüsse.

Nitzschia lanceolata, W. S. var. *incrustans*, Grunow. Länge 0,018—0,05, Breite 0,004—0,006 mm. Nord- und Ostseehäfen.

Nitzschia Valea, var. *fonticola*, Grunow. Länge 0,011—0,028, Breite 0,0025—0,004 mm. Elbmündung.

Nitzschia (Nitzschinella) reversa, W. S. Länge 0,1—0,15, Breite 0,007—0,009 mm. Emsmündung.

IV. *Surirelloideae*.

Man unterscheidet 4 Hauptgruppen, — alle von eigenartiger Form.

a) Gattung *Cymatopleura*

Schalen elliptisch, kahnförmig.

Cymatopleura elliptica (Brieb?) — Länge 0,04—0,15, Breite 0,03—0,06 mm. Davon die var. *hibernica*. W. S. Elbmündung. Von mir auch im Schlick von Hoek van Holland gefunden.

b) Gattung *Surirella*

Schalen von verschiedener Form, vornehmlich eiförmig bis elliptisch und elliptisch zugespitzt.

Surirella Elegans, Ehrenberg. Länge 0,18—0,23, Breite 0,06—0,07 mm. Von mir in der Emsmündung gefunden.

Surirella gemma, Ehrenberg. Länge 0,07—0,12, Breite 0,035—0,045 mm. Marine Form. An der Nordseeküste.

Surirella Striatula. Turpin. Diese oder wenigstens annähernd ähnliche Form von mir im Schlick von Hoek van Holland gefunden, auch dieselbe Größe. Länge 0,15, Breite 0,08 mm.

Surirella ovalis, Brieb. Davon die Varietät *Salina*. W. S. in den Häfen von Kiel und Hamburg.

Surirella dentata, Schumann. Länge 0,35—0,15 mm. Hafen von Hamburg.

Surirella biscriata, Brieb. Vermutlich var. W. S., habe ich im Schlick von Hoek van Holland (im Gebiet selten) gefunden.

c) Gattung *Campylodiscus*.

Salz- und Süßwasser-Bewohner. Zellen meist sattelförmig gebogen, — gestreift oder punktiert, ein rechter Brackwasser-Bewohner.

Campylodiscus Ralfsii, W. S. Durchmesser 0,04—0,048 mm. Auch marine. Nordseeküste, Hamburger Hafen.

Campylodiscus Clypeus, Ehrenberg. Durchmesser 0,18—0,2 mm. Cuxhaven, Geestemünde, Emsmündung, von mir im Schlick von Hoek van Holland öfters gefunden.

Campylodiscus Echineis, Ehrenberg. Durchmesser 0,08—0,14 mm. Auch marin. Mündungen der Ost- und Nordseeflüsse; Cuxhaven, Emden, Ymuiden usw.

Campylodiscus Thuretii, Brib. Durchmesser 0,05 mm. Auch marin. Elbmündung.



Die überwiegend große Mehrzahl der vorstehend verzeichneten Brackwasser-Diatomeen habe ich in den Schlickproben aus den Mündungen des Rheins, (bei Hoek van Holland), der Elbe (bei Glückstadt und Cuxhaven), der Weser (bei Geestemünde) und der Ems (bei der Emdener Schleuse) gefunden.

Claudius Bodé.

Der Schlick.

Von Claudius Bodé, Hannover.

Der Schlick.

Von Claudius Bodé, Hannover.



Schlickablagerungen kann es an den Meeresküsten der ganzen Erdoberfläche geben. Ueberall aber ist ihr Vorhandensein an die Vorbedingung gebunden, daß Fluß- und Meerwasser bei Ebbe und Flut zusammentreffen, und auch nur da bildet sich Schlick in erheblichen Mengen, wo das Meerwasser stark salzhaltig ist und wo die Sedimente außerhalb des Bereiches starker Wellenbewegung — im Stromschatten — niedersinken können.

Nun wäre aber zunächst der so häufig außer Acht gelassene Unterschied zwischen Schlick und Schlamm klarzustellen. In dieser Beziehung sagt Dr. Otto Krümmel ganz zutreffend, daß er die schon seit Jahren von ihm unentwegt durchgeführte terminologische Unterscheidung dem an unseren deutschen Seeküsten herrschenden Sprachgebrauch angepaßt habe*), und zwar:

„Als Schlick sind die dem Festlande nahen bündigen Ablagerungen feinsten Kornes, als Schlamm mehr lockere, also auch von schwach bewegtem Wasser leicht aufrührbare Sedimente verstanden. Ich übersetzte demnach das englische Mud (niederdeutsch Modde) mit Schlick, ooze mit Schlamm. Joh. Walther ist gerade umgekehrt verfahren. Fütterer in seinem trefflichen Auszuge aus Murray und Renards Werk

*) Handb. d. Ozeanographie, Bd. I, Seite 171.

übersetzt ooze mit „Erde“, mud mit Schlamm, und ihm ist u. a. Veuck gefolgt. Bei Al. Agassiz finden sich gelegentlich noch die Bezeichnungen silt und slab, wobei silt ganz feinen terrigenen Schlick, slab aber biogenen Schlamm bedeutet.*)

Es mag ja garnicht so leicht sein, den sachlichen Unterschied zwischen Schlick und Schlam in ein paar knappen Worten auszudrücken. Die vorstehende, an sich richtige Erklärung deucht mir unzureichend. Um die verschiedenartigen Unterscheidungsmerkmale zu verstehen, muß man auf die besondere Art der Schlickbildung zurückgreifen wie es im Nachstehenden versucht werden soll.

„Il ya fagots et fagots“, sagt der Holzhauer Sganarelle in Molières *médecin malgré lui*. So kann man auch sagen: es gibt Schlick und Schlick, — blauen, roten und grünen Schlick, deren Bestandteile sich in dieser Reihenfolge wie folgt zusammensetzen: Zwischen 13 und 25% kalkhaltige Organismen, zwischen 3 und 14% kieselsäurehaltige Organismen und zwischen 84 und 61% anorganische Ablagerungen. Der am häufigsten vorkommende Schlick ist der blaue Schlick. Es gibt fast kalkfreien und sehr kalkreichen Schlick, — humusarmen und humusreichen.

*) Die von Dr. Krümmel befürwortete Uebersetzung ist unbedingt ganz richtig. Das umgekehrte Verfahren von Walther und Fütterer, sowie von Veuck und anderen, die gedankenlos in deren Fußtapfen getreten sind, ist entschieden falsch. In Ostfriesland sagt man statt Schlick (dem Sprachgebrauche nach eigentlich Schliek) auch Mudd. Wie im allgemeinen die einfacher gebildeten Wörter die ursprünglicheren sind, so dürfte auch Modde (Moder) von Mudd abgeleitet sein, nicht umgekehrt. Die Ausdrücke silt und slab dürfte Agassiz sich in Nordamerika angeeignet haben; in England sind sie im gegebenen Sinne ungebräuchlich; an sich aber ist die Unterscheidung silt für Schlick und slab für Schlamm wohl zutreffend. Das Mittelniederländische hat nebeneinander die Formen Slijk und Slijck, also die Länge; das Neuniederländische dagegen hat neben Slijk auch Slik. Wenn ich als Ostfriese statt Schliek lieber Schlick schreibe, so tue ich es, weil es sich grundsätzlich nicht empfiehlt, mundartliche Abweichungen in unserer allgemeinen Rechtschreibung zum Ausdruck zu bringen.

Mit der Wortverwechslung verknüpfen sich gar leicht störende Begriffsverwechslungen. Wenn man, wie es selbst in besseren geologischen Werken der Fall ist, von Globigerinen-Schlick spricht*) so ist das eben irreführend, denn es handelt sich um den grauen oder gelblichen, den Boden der Ozeane — vornehmlich des atlantischen — in Tiefen von 2500 bis 4500 Metern bedeckenden, kalkreichen Schlamm, der seinen besonderen Namen führt, weil Schälchen von Globigerinen und nahe verwandter Kammerlinge seien, schon bei 100 facher Vergrößerung gut erkennbaren Hauptbestandteile bilden. Globigerinen-Schlamm ist das typische Sediment der mittleren Meerestiefen; nur ausnahmsweise reicht er weiter als 4500 Meter hinab. Das ist kein Schlick in dem Sinne, wie diese Terminologie in dem ganzen Gebiete der Nordseeküste immer üblich gewesen ist.

Noch viel verbreiteter als der Globigerinen-Schlamm, in dem sich das Vorkommen der an dem Aufbau der Erde überall wahrnehmbaren Diatomeen grade zu in's Ungeheuerliche steigert. Den Unterschied zwischen Globigerinen- und Diatomeen-Schlamm zeigen die Abbildungen.***) Letztere, der Arbeit Karl Chuns über die „Valdivia“ Expedition entnommen, weist die Hauptformen der in diesem Schlamm vertretenen Diatomeen auf. Sie umfassen neben *Asteromphalus*, *Rhizosolenia* und *Chaetoceras* Arten ganz besonders die viel verbreiteten Gattungen *Coscinodiscus*, *Synedra* und *Fragilaria*, die auch massenhaft im Schlick der Nordseeküste vorkommen.

In einem von Murray und Renard mitgeteilten Falle betrug die in dem Diatomeen-Schlamm vorhandene Kieselsäure 68⁰/₁₀₀. Ein geschlossener Gürtel dieses Sediments umspannt den Erdball in den hö-

*) z. B. „Erde von Dr. Lindemann, Seite 153 und 178.

***) Im Anhang.

heren Breiten mit einem Areal von fast 22 — schreibe zweiundzwanzig — Millionen Quadrat-Kilometer. Am schmalsten ist dieser Gürtel südlich von Amerika, am breitesten scheinbar im indischen Ozean. Seit 1851 kennt man das mächtige Auftreten dieses Sediments im nördlichen Teil des Stillen Ozeans bei den Aleuten, wo Lt. Brooke verschiedene Grundproben sammelte, deren Bestimmung Prof. Bailay übernahm. Auffällig ist auch das Vorkommen der Diatomeen-Panzer in den Schlammablagerungen auf dem Meeresboden in den tropischen Breiten, wie sie 1904 Alex. Agassiz im Perustrom zwischen Callas und den Galapagos auffand, wo sich stellenweise in Tiefen zwischen 2700 und 5200 Meter eine richtige „Infusorienerde“ bildet, — oder wie in den Grundproben des Nero zwischen den Mariannen und Philippinen, wo in Tiefen von 4500 bis 6000 Meter die Kieselalge *Coscinodiscus Rex* örtlich eng umschriebene, fleckweise auftretende Schalen-Anhäufungen bildet.

Angesichts der bedeutsamen Rolle, die den Diatomeen auch bei der Schlickbildung zufällt, möchte ich im Vorbeigehen noch erwähnen, daß diese Organismen unterhalb 350 Meter bis zum Grunde nicht lebensfähig sind; die Schalen oder Frusteln, die sich in der Tiefe finden, sind von der reichbedeckten Tafel der Oberfläche heruntergeriesel.

Insgesamt nimmt der Diatomeenschlamm ein Areal von rund 23 — dreiundzwanzig — Millionen Quadrat-Kilometer, gleich 6,4 Prozent des irdischen Meeresbodens ein. *)

Gegenüber solchen Riesenzahlen ist das Vorkommen des Schlicks, mit dem an sich nicht unerheblichen Prozentsatz von Diatomeen-Panzern, wohl ein verhältnismäßig recht bescheidenes zu nennen. Immerhin kann man eben so gut von Diatomeen-

*) Otto Krümmel, Seite 190 bis 191.

schlick wie von Diatomeenschlamm sprechen. Es sind aber zwei grundverschiedene Stoffe. Bereits im Jahre 1843 wies C. G. Ehrenberg in einer im englischen „*Mic, Journal*“, Band 2, veröffentlichten Schrift; „*Observations on the Filling Up of River-beds and Harbours by Diatomaceae*“ auf die Wichtigkeit dieses Vorkommens hin. In unserem Wirtschaftsleben spielt der Schlick letzten Endes eine bedeutsamere Rolle als der Schlamm da unten auf dem Meeresboden.

Schlick und Schlamm sind ihrer Entstehung nach ganz nahe verwandte Ablagerungsstoffe; beide sind Ergebnisse des rastlosen Zweikampfes zwischen Wasser und Erde und im besonderen des Kampfs um die Grenze zwischen Meer und Land. Dieser Kampf ist am heftigsten unmittelbar im Berührungsräume, während er im Bereiche der landfernen Tiefsee naturgemäß erlahmt. Abgesehen von besonderen Umständen, wo die von den Flüssen zur Küste geführten Abschwemmungen des Festlandes nicht zur Ablagerung kommen, bilden sich in der Tiefsee vom Ozean selbst erzeugte Sedimente.

Es hat nicht an Versuchen gefehlt, die verschiedenen Sedimente entweder nach ihrer mineralogischen Zusammensetzung oder nach der Art ihrer Entstehung systematisch einzuteilen. Das Verdienst, eine wissenschaftliche Klassifikation auf breiter Grundlage angebahnt zu haben, gebührt Sir John Murray und A. Renard.

Danach stellt sich die allerdings nicht überall befriedigende Einteilung wie folgt:

| | | |
|---|---|---|
| <p>A. Tiefsee- Ablagerungen (außerhalb der 200 Meter Linie)</p> | <p>Roter Ton Radiolarien- Schlamm Diatomeen- Schlamm Globigerinen- Schlamm Pteropoden- Schlamm</p> | <p>I. Pelagische Ablagerun- gen, im tiefen Wasser fern vom Lande gebildet.</p> |
| <p>B. Seichtwasser Ablagerungen (zwischen der 200 Meter Linie und dem Niedrigwasser- Niveau.)</p> | <p>Blauer Schlick Roter Schlick Grüner Schlick Vulkanischer Schlick-(Schlamm) Korallen-Sand und Schlick-(Schlamm)</p> | <p>II. Terrigene Ab- lagerungen, im tiefen und seichten Wasser in der Nähe von Land gebildet.</p> |
| <p>C. Litoral- Ablagerungen (am Strande zwischen Hoch- und Niedrig- wasserstand)</p> | <p>Steine, Grande, Kiese, Sande, Schlick</p> | |

Zweckdienlicher erscheint die folgende von Dr. Otto Krümmel getroffene von geologischen Gesichtspunkten ausgehende Klassifikation:

I. Litorale oder landnahe Ablagerungen.

1. Strandablagerungen.
2. Schilfablagerungen.

Beide zerfallen in Block-, Kies-, Sand- und Schlicklager.

II. Hemipelagische Ablagerungen.

1. Blauer und roter Schlick, einschließlich Vulkan-schlamm.
2. Grünsand und grüner Schlick.
3. Kalksand und Kalkschlamm

Hin und wieder dieselben genetischen Unterarten möglich, wie bei den litoralen Ablagerungen.

III. Eupelagische oder landferne Tiefablagerungen.

- A. Epilophische Tiefseeschlamme:
 1. Globigerinen-Schlamm
 2. Pteropoden-Schlamm.
- B. Kieselhaltiger Tiefseeschlamm:
 3. Diatomeen-Schlamm.
- C. Abyssische Bildungen:
 4. Roter Tiefsee-Ton
 5. Radiolarien-Schlamm.

Unser blauer Schlick, mit dem wir es hier nun ausschließlich zu tun haben, ist dementsprechend teils als litorale, teils als hemipelagische Ablagerung anzusprechen. Seine meist dunkel blaue, schieferähnliche, oft fast schwarze Färbung ist auf die äußerst fein verteilte Beimischung zersetzter organischer Substanz in engster Verbindung mit Eisensulfid zurückzuführen. Der eigenartige Geruch des frischen Schlicks beruht vornehmlich auf dem darin enthaltenen Schwefelwasserstoff. Im getrockneten Zustande verändert die-

ser Schlick seine Farbe in gelbgrau oder graubraun, dieweil die Eisensulfide an der Luft oxydieren. Schon bei der ersten Berührung mit der atmosphärischen Luft tritt diese Aenderung der Farbe sofort an der Oberfläche ein. *) Läßt man eine Lösung von blauem Schlick und destilliertem Wasser -- die fast wie Schreibtinte aussieht — einige Stunden stehen, so bildet sich am Boden ein blauer Niederschlag und darüber eine erheblich schmalere Schicht von hellgrauer Färbung; in ersterem findet sich neben den mineralischen und gröberem pflanzlichen Bestandteilen ein erheblicher Einschlag von Diatomeen und etlichen Foraminiferen, — die obere Schicht besteht ausschließlich aus fein zermalmtter organischer Substanz mit einem geringeren Einschlag von Diatomeen, Foraminiferen und Peridinen, vermischt mit feinsten Glimmerblättchen.

Als Professor Christian Gottfried Ehrenberg 1833 zuerst in seinem klassischen Werke über die „Infusionstierchen“ schrieb — („Einblick in das tiefere organische Leben der Natur“), — umfaßte dieser Begriff alle mikroskopischen Wasserbewohner. Gemäß unserer heutigen Auffassung gehören aber die im Schlick massenhaft vorkommenden Diatomeen nicht zu den Infusorien. Ich möchte dies schon an dieser Stelle feststellen, weil selbst in der neuesten Fachliteratur**) noch immer von den im Schlick vorkommenden „Infusorien“ die Rede ist. Näheres darüber ist in meinem Beitrag zur Erforschung der Diatomeen zu finden.

Erhitzt man den gelblichen Niederschlag bis zur Rotglut, so verbleibt ein verhältnismäßig sehr ge-

*) Unter Abschluß der Luft nimmt der Schlick wieder seine ursprüngliche dunkle Farbe an.

**) z. B. Annalen der Hydrographie, 1912, Heft VI Seite 280

ringer Rückstand anorganischer Substanz, der bei Zusatz von Salzsäure stark aufbraust, also stark kalkhaltig ist.

Mischt man den Schlick mit einer grösseren Menge Seewasser, so ergibt sich zufolge der diesem innewohnenden elektrolytischen Eigenschaft, daß beide Schichten sich in ungleich rascherer Zeit zu Boden setzen als im Süßwasser. Die Zuführung von etwas Kohlensäure beschleunigt den Niederschlag in beiden Fällen. In der freien Natur enthält bekanntlich sowohl das meteorische Flußwasser, wie auch das Meerwasser atmosphärische Luft, Sauerstoff, Stickstoff und Kohlensäure. Durchsichtig wird das über dem Bodensatz stehende Wasser erst nach Verlauf von vielen Tagen, beim Seewasser etwas früher als beim destillierten Wasser. Aber krystallhell wird es in absehbarer Zeit nicht wieder.

Die in dieser trüben salzigen Lösung enthaltenen Teilchen, die unterhalb der Auflösungsgrenze des gewöhnlichen Mikroskops liegen, möchte ich gelegentlich einer ultramikroskopischen Untersuchung unterziehen. Wenn es sich lediglich um eine mechanische Beimischung handelte, so müßte diese, wenn auch noch so fein zerkleinert, früher oder später restlos zu Boden sinken. Durch Filtrieren müßten die beiden Stoffe von einander zu trennen sein. *) Das ist aber nicht der Fall. Die Teilchen — „Ultramikronen“ — gehen glatt mit der Flüssigkeit durch die engen Maschen des Filtrierpapiers. Somit scheint eine kolloidale Lösung vorzuliegen.

Für die nun vorzunehmende mikroskopische Untersuchung **) wird der Schlick zunächst ein paar Tage unter Ammoniak gesetzt, wobei eine Aenderung

*) Dr. H. Leiser: Die Welt der Kolloide.

**) Eine ausführliche Anweisung findet man in meinen im Mikrokosmos, Heft I, Jahrgang 1914 15, veröffentlichten Studien am Schlick.

der Farbe nicht stattfindet. Mischt man dann nach dem Abschlämmen und Sieben die von den gröbereren Bestandteilen gereinigte, dickflüssige Lösung mit Salzsäure, so erfolgt ein mehr oder weniger heftiges Aufbrausen; unter den aus dem Glase steigenden Gasen überwiegt der Schwefelwasserstoff mit seinem ausgeprägten Geruch. Dabei spielt das geringe Vorkommen von der Zerstörung preisgegebenen Foraminiferenschalen keine nennenswerte Rolle, während die Kieselschalen der Diatomeen von keiner der bekannten Säuren angegriffen werden. Wir haben es demnach mit einer beträchtlichen Menge kohlen-sauren Kalks zu tun. Die Färbung schlägt sofort von blau in graugelb um.

In der mit Ammoniak geschwängerten Lösung halten sich die feinsten Partikelchen sehr lange schwebend.

Der rote Schlick ist als eine örtliche Variante des blauen aufzufassen. Er findet sich an tropischen Küsten, und seine gelblich rötliche Färbung verdankt er der Beimischung okerhaltiger Stoffe. In einem gelblichen, aus dem Hafen von Rio grande de Sul stammenden Schlick habe ich etwa 60 Arten Diatomeen gefunden, die fast ausnahmslos denselben Gattungen angehören, die im Schlick unserer Nordseeküste ebenso reichlich vorkommen.

Der grüne Schlick ist die typische Ablagerung des steilen Kontinentalabhanges vor Küsten mit weniger großen Flüssen. Seine grünliche Färbung verdankt er der Beimengung von Glaukonit, diesem lebhaft grün gefärbten, in chemischer Hinsicht den Glimmern nahestehenden Silikat; dessen Entstehung noch unerklärt ist. Einzelne Glaukonit-Körner finde ich übrigens beständig auch im Schlick an der nord-deutschen und holländischen Küste.

Man braucht nicht gerade Anhänger der Theorie von der „säkularen Hebung und Senkung“ zu sein, zumal, da sich die nachweislich im Laufe von etwa zwei Jahrhunderten stattgefundene Senkung der Oberfläche der holländischen und ostfriesischen Marschen einfach und natürlich erklären läßt, -- um immerhin mit Dr. Prestel *) darin völlig übereinzustimmen, daß die Schlickbildung an unserer Küste ein außerordentlicher wichtiger geologischer Vorgang ist. Als historischen Beleg für letztere Behauptung erwähnt Dr. Prestel den während der Weihnachtsflut 1717 zwischen Emden und Larrelt verursachten Durchbruch, der 1200 Fuß lang war, in der Mitte 400 Fuß Breite und im Fuße des Deiches 80 Fuß Tiefe hatte. Dieser „Kolk“ hatte einen Inhalt von etwa 25 Millionen Kubikfuß; durch Anlandung von Schlick konnte er 1782 wieder zur Hälfte eingedeicht werden. Bei der Sturmflut 1825 entstanden in der Nähe der Unglücksstelle auf's neue mehrere Kolke, die schon in 10 Jahren fast ganz mit Schlick angefüllt waren

Die friesische Volksgeschichte zählt bekanntlich ihre Jahreszahlen nicht nach den Regierungszeiten ihrer Herrscher -- von Herrentum wollte der Friesenbauer nie etwas wissen --, sie mißt ihre Zeitabschnitte nach den großen Ueberschwemmungen. Die historischen Ueberflutungen der Küste mit darauf folgenden Schlickanlandungen stehen übrigens an Umfang und Wirkung weit zurück im Vergleich zu den Vorgängen, die zeitlich in viel weiterer Ferne liegen und von denen keines Menschen Hand Kunde hinterlassen konnte. Durch eine Reihe von Tiefbohrungen hat Dodo Wildvang im Alluvium die Runen der Geschichte jener Tage aufgedeckt. („Eine prähistorische Katastrophe“). —

*) Prof. Dr. M. A. F. Prestel, „Der Boden Ostfrieslands“, Seite 14 u. s. w.

Betreffs der auch in älteren Zeiten oft erörterten Frage „Woher der Schlick?“ schreiben De Vries und Focken *) bereits vor einigen Jahrzehnten: „Zu einer endgültigen Lösung dieses Problems ist man noch nicht gelangt. Immer noch gehen die Meinungen auseinander. Hat man sich insoweit geeinigt, daß man die in's Meer mündenden Kanäle, Bäche und Flüsse einerseits, die See andererseits als Hauptfaktoren, — das Zusammentreffen der inneren und äusseren Gewässer als begünstigenden Umstand anzusehen habe, so handelt es sich jetzt besonders um die Frage, welchem von diesen Faktoren der Hauptanteil beizumessen sei. Einer Meinungsverschiedenheit über diesen Punkt begegnen wir schon bei älteren Geographen, namentlich bei denen Ostfrieslands. Während u. a. Freese — im Anschluß an Jhering, Hunrichs und De Lüc — die Ströme, Flüsse und Bäche als Hauptursache der Schlickablagerung ansieht, ist Fr. Arends **) der Ansicht, daß der größte Teil der Schlickmassen vom Meere zugeführt werde. Zur Begründung der von ihm aufgestellten Behauptung führt Freese an, daß die Inseln trotz des sie täglich bespülenden Seewassers dürre Sandhügel und Sandplaten bleiben und durchaus nicht in fruchtbare Marschfelder umgeschaffen werden. Weiter hat der Versuch ihn gelehrt, daß sich bei Vermischung von See- und Süßwasser ein weißer fetter Bodensatz bildet, der völlig den Geruch der Kleierde hat. Fr. Arends weist nach, daß das Meerwasser eine bedeutend größere Menge erdhaltiger Teile mit sich führt als das Flußwasser, erinnert daran, daß die Größe der Marsch-Distrikte keineswegs im Verhältnis steht zu der Größe der Wassermenge der Flüsse und macht

*) Ostfriesland von J. Fr. de Vries und Th. Focken, Emden, 1881, Seite 39 u. s. w.

**) Fr. Arends, Ostfr. und Jever, Emden 1818.

letzterdings auf die Verschiedenheit der oberen und unteren Schichten der Marsch aufmerksam.

Streng genommen ist allen bis soweit bekannt gewordenen Ausführungen weder nach der einen noch nach der anderen Seite eine ausschlaggebende Bedeutung zuzuschreiben. Um die im Besonderen aufgeworfene Frage nach der größeren oder geringeren Material-Beisteuer mit genügender Schärfe zu lösen, bedarf es sorgfältiger, über die Grenzen Ostfrieslands hinausgehender Beobachtungen und zwar unter Zuhilfenahme der Chemie. Ja, wenn Arends wirklich jenen Nachweis der Ueberlegenheit des Süßwassers geführt hätte, so wäre die so heftig umstrittene Frage wohl schon längst zur Ruhe gekommen. Auch die Arendschen Messungen der Schlickführung der Ströme*) beruhen auf Voraussetzungen, die noch der Bestätigung harren.

So verallgemeinert ist es überhaupt eine heikle Frage. Mit Recht macht Franzius darauf aufmerksam, daß begreiflicherweise nicht allein die einzelnen Bestandteile des Schlicks an verschiedenen Küstenpunkten, sondern sogar auch zu verschiedenen Zeiten an denselben Stellen verschieden sind. Wie die Zusammensetzung der Bestandteile des Schlicks, so unterliegt auch der Schlickfall in den einzelnen Jahreszeiten und an den verschiedenen Orten einem bemerkenswerten Wechsel.**)

Vielleicht hat man in all den Jahren der Frage nach der Herkunft des abgelagerten Schlicks eine zu weit gehende Bedeutung beigelegt. Solange nicht für beide Faktoren ausgiebige Messungen vorliegen, genügt es wohl zu wissen, daß beide in einem nach Maßgabe der örtlichen und zeitlichen Bedingungen schwankenden Verhältnisse an der Schlickbildung

*) Arends, Phys. Geschichte der Nors.-Küste, Emden 1825.

**) Franzius, Wasserbau, § 5.

beteiligt sind. Hat die Frage wirklich die Wichtigkeit, die man ihr beigelegt hat, so ist es zu verwundern, daß das Beweismaterial auch heute noch fast genau so dürftig vorliegt, wie vor Jahrzehnten.

Freese, der gerade durch seinen genannten Versuch die Vorbedingung des Zusammentreffens von Fluß- und Meerwasser anerkennt, unterläßt es, bei seiner Beweisführung in Betracht zu ziehen, daß sich auch am Strande der Nordseeinseln an den Stellen, die im Bereiche der Flußströmung liegen, reichlich Schlick bildet. Wer hat nicht schon auf Norderney in der Nähe der Landungsbrücke den ausgedehnten Schlickstrand gesehen? An der dem Lande zugekehrten Seite trifft man auf der Insel Borkum — sowohl auf dem West- wie auf dem Ostlande — eine nicht unbedeutende Strecke fruchtbaren Kleibodens, also abgelagerten Schlick.

Auf dem sozusagen neuentstehenden Eiland Memmert befindet sich die in früherer Zeit abgelagerte Schlick- oder Klaikante am Westrande wohl im Bereiche der Ems-Strömung. Eine Aenderung ist aber insofern eingetreten, als solche Ablagerungen jetzt nicht mehr stattfinden. — Hierüber verdanke ich der Güte des Herrn Wilh. Niemeyer, Norddeich, folgende Aufklärung:

„Diese Klaikante an der Westseite des Memmert ist durchschnittlich 80 cm hoch. Sie besteht aus zwei ungefähr gleichen Lagen. Die Ablagerung, die durch Senkung unter Meeresniveau gelangt ist, stammt aus einer weiter hinter uns liegenden Zeit. Jetzt wird dieser Klai von etwa 2 m Sand überlagert; zeitweise tritt er zutage, je nachdem die Stürme eine Anlandung oder Abschwemmung verursachen. Frische Ablagerungen von Schlick finden am Memmert nicht mehr statt.“

Herr Niemeyer hatte später die Liebenswürdigkeit, mir Proben von beiden Schichten der anlässlich eines

Sturmes zutage getretenen „Klaikante“ zu senden. Die obere Lage, von grauer Färbung, war stark sandig; beim mikroskopischen Durchmustern fand ich darin verhältnismäßig mehr Foraminiferen und Diatomeen. Beim Uebergießen mit Salzsäure zeigte sich ein mäßiges Aufbrausen. Der Schlick von der unteren Schicht hatte die gewöhnliche dunkle, schieferartige Färbung und enthielt nur wenig Sand. Foraminiferen waren darin in spärlicher Anzahl vertreten. Bei der Salzsäure-Behandlung fand ein lebhaftes Aufbrausen statt. Hinsichtlich des Vorkommens von Diatomeen kann ich mich an dieser Stelle auf die Feststellung beschränken, daß ich in dieser alten Schlickablagerung keinerlei Arten angetroffen habe, die nicht auch im jetzigen Schlick der Nordseehäfen zu finden sind. —

De Vries und Focken berichten im Weiteren folgende, die Ansicht Arends erweiternde Feststellung des um die Kenntnis des heimatlichen Landes hochverdienten Prof. Dr. Prestel: „Soweit meine Erfahrung reicht, findet die Schlickbildung in der Ems nur bis Weener und Halte hinauf statt, also nur soweit wie Ebbe und Flut in derselben hinaufgehen. Hierauf gestützt, hege ich — wenigstens von der ostfriesischen Küste — die Ueberzeugung, daß die Marschländereien und großen Kulturländer der Flußgebiete an den ozeanischen Mündungen nicht ausschließlich, **vielleicht nicht hauptsächlich** ein Geschenk der Flüsse sind.“ Dieser Satz deutet mir so verständig, daß ich ihn auch heute noch unterschreiben möchte.

In der Neuzeit wird die Ansicht der Ueberlegenheit des Meeres in der Anlandung von Schlick von Dr. Eilker vertreten: *) „Nur einen geringen Anteil können die Flüsse an der Bildung unserer Marschen haben.

*) „Die Sturmflut in der Nordsee,“ sowie „Die Bildung des Schlicks“ im Ostfr. Monatsblatt, Jahrgang 1878.

Das Flußwasser enthält nämlich nach angestellten Versuchen viel weniger feste Bestandteile, höchstens $1\frac{1}{2}$ ‰ — ja, oft nur 1,150 ‰. Das Wasser des Meeres ist daher viel reicher an Schwemmstoffen. Dazu kommt noch, daß das Meer ganz andere, enorme Wassermassen zur Zeit der Sturmfluten von 8 Fuß Höhe und 30 Meilen Länge gegen unsere südliche Küste treibt, welchen gegenüber das durch die Flußmündungen sich ergießende Süßwasser fast verschwindet. Wie sehr aber die Sturmfluten zu der Bildung beigetragen haben, geht daraus hervor, daß nach Messungen über den Gehalt des Meerwassers vor der Elbe dieses bei heftigen Nordweststürmen 5 bis 6 mal so viel Schlammteile mit sich führt als bei schwachen oder östlichen Winden. So ist es erklärlich, wie das Wasser imstande war, oft in verhältnismäßig kurzer Zeit breite Striche an der Küste anzusetzen.“

Bei dieser Beweisführung drängt sich doch der anormale Zustand der Sturmflut und der heftigen Nordweststürme gegenüber dem normalen Verlauf der Dinge in den Vordergrund. Im übrigen werden wir auf die Bedeutung des besonderen Umstandes zurückzukommen haben, daß das aufgepeitschte Meer mehr als die fünffache Menge Schlammteile mit sich führt als unter gewöhnlichen Verhältnissen bei schwachen oder östlichen Winden. Woher nimmt die aufgeregte See die ungewöhnlich große Menge Schlamm? Durch Untersuchungen des Korvettenkapitäns Holzhauer ist die Schlammarmut des Meeresbodens der Nordsee durch 35 an verschiedenen Stellen gehobenen Grundproben nachgewiesen worden, und überall, wo das Meerwasser zur Flutzeit zwischen den Inseln durch zur Küste fließt, erscheint es krystallklar und zeigt die eigentümliche „meergrüne“ Farbe. Bis soweit neigt sich die Wage etwas zu Gunsten der Vertreter der Ansicht der Unterlegenheit des Flußwassers.

Nun möchte ich einem das Wort geben, der für die Unterlegenheit des Meerwassers eintritt, dem Meister des Wasserbaus L. Franzius. Die Ausführlichkeit des Auszugs dürfte nicht unwillkommen sein, da das berühmte Werk nicht jedermann zugänglich ist.

„Unzweifelhaft ist die größte Masse des vor den Küsten schwimmenden und abgelagerten Schlicks den Abschwemmungen des Festlandes durch die Flüsse zuzuschreiben. Erwägt man nur, daß viele der großen Flüsse bei ihren Hochwasserperioden oft über 0,004 der Wassermenge feste Stoffe, insbesondere Tonerde, fein zerriebenen Kalk, Quarz- und Glimmerteile abführen, und daß diese bei einem großen Flusse jährlich nach Millionen Kubikmeter zu schätzenden Stoffe in jedem Jahre aufs neue dem Meere zugeführt werden, so würde es sicher einer weit ins offene Meer gehenden Strömung bedürfen, wenn diese Massen schon in der Nähe der Flußmündungen vor den Küsten verschwinden sollten. Da jedoch nur ausnahmsweise Meeresströmungen von der Küste ab weit in's Meer gehen, weit häufiger aber örtliche Küstenströmungen, namentlich unter Mitwirkung von Ebbe und Flut, an den Küsten und von den Flußmündungen aus hin- und hergehen, so ist nichts natürlicher, als daß ein sehr großer Teil der vom Flusse angeführten feinen Sinkstoffe von seiner Mündung aus an den Küsten rechts und links entlang geführt werden. Je schwächer die Strömung des die Schlickmassen verschleppenden Flusses und je stärker die längs der Küste gehende Strömung ist, in die das Flußwasser einläuft, um so mehr werden auch die Schlickmassen von dieser Strömung erfaßt und fortgebracht werden; die Flußmündung wird alsdann verhältnismäßig rein bleiben, und Ablagerungen werden an diesen Stellen vermieden werden. So sieht man z. B. vor der Mündung der Seine trotz deren bedeutenden Gehaltes an Sink-

stoffen nur sehr schwache Schlickablagerungen, weil die heftige Strömung des Kanals diese nicht zustande kommen läßt; dagegen sind vor den Mündungen der Schelde, der Maas, des Rheins und sämtlicher übrigen in die Nordsee mündenden deutschen Flüsse wegen der verhältnismäßig sehr geringen Küstenströmungen große Schlickmassen abgelagert und schwimmend an der ganzen Küste entlang verbreitet.

Auffallend stark treten diese treibenden Schlickmassen auf an den vor starken Strömungen geschützten Buchten, z. B. dem Zuider See, dem Dollart, dem Jadebusen u. s. w. Sie sind hier von den Flutströmungen hineingetrieben; da jedoch bei ruhigem Wetter und vorzüglich während des Aufhörens der Strömung zur Zeit des Hoch- und Niedrigwassers jedesmal ein großer Niederschlag dieser hineingetriebenen Massen erfolgt, so wird allmählich eine Anhäufung derselben in diesen Becken und ein Anwachsen der Ufer entstehen müssen. Die an solchen Meerbusen gelegenen Häfen haben daher auch vorzugsweise vom Schlickfall zu leiden.“—

Nach schweren Regengüssen in den Gebirgen wird der reißende Strom zweifelsohne so reichliches von der Erdoberfläche abgelöstes Material zur Mündung mit sich führen, daß es zeitweilig so erscheinen muß, als ob Schlick und Marschboden zumeist ein Geschenk der Flüsse wären. Ein anderes Bild aber ergibt sich in Zeiten der Dürre. *)

Wichtiger als nach der Ueber- oder Unterlegenheit der einen oder anderen Herkunft zu forschen, dürfte

*) „Die Ems z. B.“, sagt schon Dr. Prestel, „ist in ihrem Oberlaufe so arm an Schwemmstoffen, daß bei dem im Sommer nach anhaltender Dürre hier eintretenden Wassermangel das Trinkwasser in Schiffen von Halte herbeigeschafft wird.“

es sein, auf Grund chemikalischer Untersuchungen und genauer Beobachtungen in das Geheimnis der Schlickbildung einzudringen.

Unumstrittene Tatsache ist — und darin waren sich auch die älteren Schriftsteller einig —, daß die Bildung des typischen Schlicks ausschließlich in der Brackwasser-Zone vor sich geht. Eine bedeutsame Rolle spielt dabei die plötzliche Vermischung der im Meerwasser enthaltenen Salze, bzw. deren Basen Kalkerde und Talkerde, mit der im Flußwasser enthaltenen Humussäure. Ohne Humussäure, mit der vornehmlich das Flußwasser geschwängert ist, würde es immerhin Schlamm-Ablagerungen geben; aber die charakteristische Eigenart des Schlicks würde ihnen fehlen. Der Niederschlag von Humussäure mit den Meersalzen gibt das vornehmste Bindemittel für die übrigen von Fluß und Meer in's Brackwassergebiet verfrachteten organischen und anorganischen Stoffe.

Von den achtzig Elementen der heutigen Chemie hat man 32 im Meerwasser nachweisen können, darunter kommen besonders sieben in Betracht: Chlor, Brom, Schwefel, Kalium, Natrium, Kalzium und Magnesium; es sind die Seesalze bildenden Elemente, die wir im Schlick wiederfinden. Eisen scheidet sich in den Salinen noch vor dem Kochsalze aus.

Es liegt auf der Hand, daß die im Meer- und im Flußwasser gelösten mineralischen Bestandteile der Menge nach nur in geringem Maße zur Entstehung des Schlicks betragen. „Der Hauptmasse nach wird letzterer aus den vom Seewasser herbeigefürten Schwemmstoffen gebildet.“ *) In diesem Satze tritt Dr. Prestel viel entschiedener als vorher für die Ueberlegenheit des Meeres ein, die er durch höchst bemerkenswerte Darlegungen auf die aus der Nordsee längs der Ostküste Schottlands kommende Strömung zurückführt.

*) Dr. M. A. F. Prestel, Der Boden Ostfrieslands, Seite 77.

Bekanntlich dringt die draußen im Weltmeere entstehende Flutwelle tief in die Mündungen der Flüsse ein. Die Flußläufe mit ihrer in der Regel auf's äußerste verminderten Geschwindigkeit setzen dem Flutstrom nur geringen Widerstand entgegen. Nicht etwa wie eine „schäumend heranrollende Woge“ haben wir uns die neue Flut zu denken; es ist vielmehr ein langsames Ansteigen der Meeresfläche, unheimlich weniger durch Mächtigkeit der Bewegung als durch die Unmerklichkeit mit der das Wasser heranschleicht*)

Die Uebergänge zwischen reinem Seewasser und reinem Flußwasser hat man in der Wesermündung wie folgt festgestellt:

| | | | | |
|---|-----------|--------------------|---|---|
| Ein Teil Seewasser fand man vermischt bei Bremerhaven mit | 3—4 | Teilen Flußwasser, | | |
| „ Nordenham | „ 10—13 | „ | „ | „ |
| „ Luneplate | „ 27—28 | „ | „ | „ |
| „ Elpwarden | „ 117—156 | „ | „ | „ |
| „ Sandstedt | „ 277—304 | „ | „ | „ |

Erst etwa 50 km von Bremerhaven seewärts findet sich beständig reines Seewasser mit 3,30—3,45 ‰ Salzgehalt. Noch weit unterhalb Geestemünde, bei Wremertief, fand F. Schucht nur 2,60 ‰ Salzgehalt, also bereits eine geringe Vermengung des Salzwassers mit Flußwasser. Reines Flußwasser andererseits, ohne Beimengung von Seewasser, wird in der Weser erst oberhalb Sandstedt angetroffen.

Darüber ist man sich schon längst klar gewesen, daß durch den Gegendruck des Seewassers irgendwo für einige Zeit alle Bewegung gehemmt wird. Es tritt ein Ruhepunkt ein, die „Stauzeit“, und während der kurzen Zeit der scheinbaren Ruhe vollzieht sich die innige Verbindung der Meeressalze mit der Humus-säure. Die Flüsse lassen während des Stillstands

*) Dr. F. Solger: Die deutschen Seeküsten in ihrem Werden und Untergehen, Seite 28.

die feinsten Bestandteile sinken, die ihnen eine Unzahl von Flößlein und Bächlein zugeführt haben, und aus dem nunmehr stark mit Süßwasser vermengten Meerwasser rieseln ebenfalls die von ihm vornehmlich in der Mitte der Küste aufgenommenen Schwemmstoffe zu Boden.

Der Schlickgehalt im Brackwassergebiet ist am stärksten nach dem Eintreten der Flut und nimmt in der Tiefe zu, wie aus nachstehender von Hagen über die Schlickführung des Wassers im Jadebusen vorgenommenen Untersuchung hervorgeht.

Unter 100 000 Teilen Wasser waren an festen Stoffen vorhanden:

| Flut-Intervall | An der Oberfläche | 2 m über dem Grunde |
|-----------------------------|-------------------|---------------------|
| Bei Niedrigwasser | 14 Teile | 16 Teile |
| Nach der 1. Stunde der Flut | 19 " | 23 " |
| " " 2. " " " | 19 " | 26 " |
| " " 3. " " " | 15 " | 24 " |
| " " 4. " " " | 12 " | 20 " |
| " " 5. " " " | 11 " | 16 " |
| Bei Hochwasser | 10 " | 13 " |
| Nach der 1. Stunde der Ebbe | 10 " | 12 " |
| " " 2. " " " | 10 " | 12 " |
| " " 3. " " " | 10 " | 12 " |
| " " 4. " " " | 12 " | 12 " |
| " " 5. " " " | 13 " | 13 " |

Daraus ist in unzweideutiger Weise für die Jade die Tatsache ersichtlich, daß die Flut mehr Material landeinwärts befördert als die Ebbe dem Meere zuführt. Der Höhepunkt der Schlickführung

fällt in die 2. Stunde nach Eintritt der Flut. Der Tiefpunkt stellt sich bei Hochwasser ein und hält sich bis zur 3. oder 4. Stunde der Ebbe.

Einen noch größeren Unterschied der Schlickführung des Flutstromes und des Ebbestromes hat Ing. Hübbe festgestellt. Er fand im Januar 1859 bei Cuxhaven kurz nach Eintritt der Flut im Maximum 20 Teile Schlick in 100000 Gewichtsteilen Wasser, hingegen nur 1,7 Teile um die Zeit des Hochwassers.*)

Das ist der Vorgang, der sich in der Brackwasserzone abspielt; ein Gebiet, das sich nicht innerhalb genau abgesteckter Grenzen befindet, vielmehr zufolge größerer oder geringerer Wasserführung des Flusses — veranlaßt durch klimatische und andere Einflüsse — oder zufolge größerer oder geringerer Stärke der Flutwelle — wie z. B. bei Springfluten — sich naturgemäß hin- und herschiebt.

Ein gleicher Stillstand entsteht zwar schon vorher in dem äußeren Teil der Flußmündung, wo die ansteigende Flut zuerst mit der Strömung zusammentrifft; — ein Teil der von beiden Widerpartnern mitgeführten Stoffe schlägt sich nieder und trägt zur Entstehung der Ebbebarre bei, der größere, zum meist feiner vermahlene Teil wird von der vordringenden Flut flußaufwärts zum ausgesprochenen Brackwassergebiet geführt.**)

Es unterliegt wohl kaum einem Zweifel, daß grade das Meer außer den Salzen die für die Schlickbildung nicht minder belangreichen organischen Schlamm-Massen in die Flußmündungen verfrachtet.

Daß das Höchstmaß des Schlickniederschlags im Brackwassergebiet erreicht wird, beruht — wie schon

*) Dr. Reichold Haage. Die deutsche Nordseeküste, S. 46.

***) H. Poppen. Annalen der Hydr. Seite 279.

zu Anfang erwähnt — auf der Voraussetzung, daß die Sedimente hier im Stromschatten ruhig zu Boden sinken können.

Im Weserwasser zur Flutzeit hat Seyfert folgenden Durchschnittsgehalt an suspendierten Teilen gefunden, wobei der erhebliche Unterschied in dem Befunde „während der kälteren oder wärmeren“ Jahreszeit bemerkenswert erscheint.

In 1 Kbm Wasser fand Seyfert: *)

| Ort | | Während der wärmeren Jahreszeit | Während der kälteren Jahreszeit |
|-----------------|-----------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Brackwasserzone | Bei Bremerhaven | 283,78 gr. | 290,35 gr. |
| | „ Nordenham | 115,27 „ | 162,39 „ |
| | „ Luneplate | 93,68 „ | 148,02 „ |
| Grenze | „ Eljewarden | 63,78 „ | 71,10 „ |
| Süßwasserzone | „ Sandstedt | 49,81 „ | 58,44 „ |
| | „ Käseburg | 50,27 „ | 64,30 „ |
| | „ Rekum | 17,38 „ | 15,32 „ |

Mit der zunehmenden Entfernung vom Brackwassergebiete bei Bremerhaven oder Geestemünde fällt bei Flut die abnehmende Menge der Sedimentstoffe stromabwärts zusammen. Noch auffälliger ist die Abnahme von Bremerhaven stromaufwärts. Bei Rekum, wohin das Nordseewasser nicht reicht, ist die Beimischung fester Stoffe sehr gering, und geringer in der kälteren als in der wärmeren Zeit, während bei den übrigen Ermittlungen das Verhältnis umgekehrt liegt, was wohl damit zusammenhängt, daß die Stürme zumeist mit der kälteren Jahreszeit zusammenfallen.

*) F. Schucht, Geologie der Wesermarschen, Seite 13.

Woher nimmt nun das Meer, von dem wir ja wissen, daß es draußen krystallklar erscheint, plötzlich diese in runden Zahlen so groß erscheinenden Sedimentstoffe? Vergessen wir nicht, daß es ja nach Ort, Zeit und Wasser-Tiefe an sich geringe Mengen sind, die bei dem von Hagen erwähnten Versuchen mit Jadewasser zwischen 10 und 26 Teilen in 100000 Teilen schwanken. Die niedrigste Ziffer wurde an der Oberfläche, die höchste zwei Stunden nach der Flut zwei Meter über dem Grunde festgestellt. Das sind Beimengungen, die immerhin auf offener See das Wasser ganz klar erscheinen lassen können, die Durchsichtigkeit nicht hindern. Und die Farbe? Das ist ein in jüngster Zeit vielerörtertes Problem — man zweifelt aber nicht daran, daß auch das Plankton-Vorkommen bestimmend auf die Meeresfarbe einwirkt. Das blaueste Wasser ist — im Nordatlantischen Ozean — das am weitesten von der Zufuhr aus der Landnähe entfernte, in dem die niederschlagende Wirkung der Elektrolyte die feinste mineralische Trübe abscheiden konnte. *)

Tatsächlich kommt ein Bruchteil der gefundenen festen Stoffe als von der lebendigen Kraft des Meeres selbst aufbereitetes Schleifmehl in Betracht; die früher bestrittene Ansicht Prestel's, dies Material stamme an unserer Küste möglicherweise von der Ostküste Schottlands und Englands**), wird heute insofern gutgeheißen, als man annehmen zu müssen glaubt, daß ein Teil jenes Materials — und zwar das feinste Schleifmehl — durch die Strömung in die Mündungstrichter unserer Nordseeküste verfrachtet wird.***)

Die Widerlegung der Ansicht Prestel's mit dem an sich einwandfreien Hinweis auf die Tatsache, daß

*) Ozeanographie von Dr. Otto Kümmel, Seite 276.

**) Der Boden Ostfrieslands von Prof. Dr. M. A. F. Prestel.

***) Annalen der Hydrographie, Band VI, Seite 278.

die vielgenannte „Trübe“ erst im Wattenmeere beginne. berührt diese Frage eigentlich nicht. Die sichtbare Trübung des Wassers — und die Ursache dieser Trübung — finden wir auf einem anderen Blatte. Sie beruht zum teil meist auf der stillen, rastlosen Arbeit des Sandwurms, der die unteren Schichten des Bodens, wohl nicht zum mindesten die Darg-schicht zu Tage fördert. Diese bislang wenig beachtete Tätigkeit ist so eigenartig, daß ich ihr ein besonderes Kapitel widme und zwar in Zusammenhang mit der sich im Wattgebiete passiv vollziehenden Bei-steuer zur Schlickbildung und der Eigenartigkeit des Schlicks durch die Darmausscheidungen der massen-haft vorkommenden Miesmuschel. An dieser Stelle sei daran erinnert, was Dr. Eilker betreffs der auf-wühlenden Arbeit der Sturmfluten sagt. Und Fr. Schucht *) spricht es noch deutlicher aus: „Die Zu-nahme des Hochwassers an suspendierten Stoffen wesenabwärts rührt nach meinen Beobachtungen daher, daß der Flutstrom den Schlick der Watten aufwühlt und mit sich fortführt.“ Es lohnt sich, die Entstehung Wattenschlicks nachzuspüren.

Einen nicht unerheblichen Bestandteil des Schlicks bilden überall die Diatomeen (Kieselalgen) mit ihren unverwüstlichen, tausende von Jahrhunderten über-dauernden Kieselpanzern, — in geringem Maße auch die Foraminiferen (Kammerlinge) mit ihren dauer-haften Kalkschalen und leßterdings auch die sowohl im Süß- wie im Meerwasser-Plankton häufig vor-kommenden Peridininien. Es sind stets dieselben Gattungen, zumeist auch dieselben Arten, sei es nun der Schlick an den Mündungen der Elbe, Weser, Ems, — oder auf holländischem Gebiet an der Mün-dung des Rheins (Hoek van Holland) der Schelde (Vlissingen) oder des Nordseekanals (Ymuiden).

*) Fr. Schucht, Seite 13.

Dr. Prestel schreibt darüber: *) „Als vor 27 Jahren die so überraschenden Untersuchungen Ehrenbergs bekannt wurden, wodurch sich ergab, daß das Erdreich aus der Umgegend der Elbe bei Hamburg aus Schalen und Panzern von „Infusorien“ besteht, untersuchte ich mit dem Mikroskop Schlick aus dem Emdener Hafen und von anderen Orten der Küste, wodurch auch mir die infusoriellen Gebilde in ganz unerwarteter Menge sowohl nach der Zahl der Arten und Geschlechter als nach der Anzahl der Individuen entgegentraten.

Und weiter: „In Bezug auf die Bildung des Schlicks bemerkt Ehrenberg: Die mikroskopische Untersuchung hat nun wiederholt ergeben, daß in allen kleinsten Teilchen dieses Schlicks (aus der Elbe, Jade, Ems und Schelde) sich Formen von kieselartigen Tierchen auffinden lassen. Abgesehen von allem Organischen, das durch die Umwandlung nach dem Tode unkenntlich geworden, läßt sich doch ein wenn auch nicht scharf zu berechnendes, wohl aber abzuschätzendes Mischungsverhältnis feststellen, sodaß sich in jeden 20 Kubikfuß der Hamburger Inselmassen wenigstens 1 Kubikfuß reiner, mikroskopischer Kiesel-schalen-Tierchen, meist entschiedener Seetierchen ergibt.“

Damals nannte man das alles Infusorien, obwohl Ehrenberg am Schlusse seiner ersten Beobachtungen auch schon von Kieselschalentierchen als Diatomeen spricht. Die reinliche Scheidung der Begriffe hat inzwischen die Oberhand behalten. Wenn nun moderne Schriftsteller unter Berufung auf Dr. Prestel noch immer von dem Vorkommen und dem Sterbeprozess der „Infusorien“ zu melden haben, so beweist das lediglich, daß selbständige Untersuchungen darüber nicht mehr vorgenommen worden sind. Mir sind solche nur aus mikroskopischen Werken bekannt.

*) Prof. Dr. Prestel, Der Boden der ostfr. Halbinsel, Seite 9.

Irgendwo muß außerdem ein Versehen in der Uebertragung stattgefunden haben, da man versichert, nach Dr. Prestel betrage dieser Prozentsatz der organischen Teile im Schlick des Emders Hafens $\frac{3}{5}$ des Volumens. Das hat Prestel aber nicht gesagt. Er wiederholt nur *) die Ehrenberg'sche Schätzung von $\frac{1}{20}$ des Volumens, also 5%, und erwähnt im Verlaufe seiner Darstellung der Schlickbildung: „Daß die Infusorien einige Prozent dazu beitragen, ist schon erwähnt.“ Dr. Prestel erwähnt übrigens schon bei Besprechung des „Dollarttons“ (Seite 74), daß sich unterm Mikroskop darin viele „Diatomeen“ zeigen.

Somit darf ich wohl auf meine mikroskopische Arbeit „Die Diatomeen“ verweisen, und auch betreffs der sich immer wiederholenden Erzählung von dem großen Sterbeprozesse und den „Leichenäckern“ hier vorweg feststellen, daß gerade im Brackwassergebiete eine große Anzahl von Gattungen, eine noch größere Anzahl von Arten und eine nicht in Zahlen auszudrückende Menge von Diatomeen-Individuen ihr fröhliches Gedeihen finden.

Ich habe eine Zusammenstellung der im Brackwasser lebenden Süß- und Salzwasser-Diatomeen gemacht; bislang umfaßt sie über 80 Arten, die ich fast ausnahmslos im Schlick gefunden habe.

Das Vorkommen der Diatomeen im Schlick erachte ich als so selbstverständlich, daß ich jede mir als Klei oder Marsch zur mikroskopischen Untersuchung übergebene Erdart als nicht vom Schlick herrührend erklären würde, in der ich nicht einzelne oder mehrere der bekannten Brackwasser-Diatomeen fände.

Unter den fruchtbarsten und blühendsten Gauen Deutschlands steht der durch Schlickablagerung gebildete Rand des Festlandes — der meerentrungene

*) Der Boden Ostfrieslands, Seite 9 und Seite 16.

Marschboden — unbestritten oben an. Darin sind sich die ostfriesischen und die berühmten Elb- und Wesermarschen gleich. Marschboden findet sich zwar an der gesamten Nordseeküste von Calais bis zur Eider, aber an wenigen Stellen von solcher Güte wie namentlich in Ost- und Westfriesland. Das mag seine Erklärung in dem Umstande haben, daß dem Brackwassergebiete hier mehr als anderwo das an Humusstoffen reiche Moorwasser zugeführt wird.

Der Dollart-Ton, — der seit Jahrtausenden angelandete, ursprünglich auf natürlichem Wege und hernach durch den zähen Fleiß der Küstenbewohner festgelegte Schlick-Ton, — ist von unschätzbarem Werte für die Landwirtschaft, etwa in demselben Umfange wie der angelandete Schlick für die Häfen an der Nordseeküste die Ursache ständiger Ausgaben ist. Sind doch allein bei der Neuregulierung der Unterweser in den sieben Jahren 1887 bis 1894 rund 28 Millionen Kubikmeter von sechs Dampfbaggern aus dem Wasserflußbett herausgebaggert worden. *)

Sobald der frische Schlick eine Höhe erreicht hat, daß gewöhnliches Hochwasser ihn nicht mehr überfluten kann, — oder sobald der Mensch durch Eindeichung den Zutritt des Wassers künstlich verhindert, tritt für den Marschboden die Periode der Verwitterung ein.

Nach dem van Dr. van Bemmelen ausgeführten Analysen **) hat der Meeres- oder Dollart-Ton im wesentlichen folgende Zusammensetzung:

*) Bücking. Die Unterweser und ihre Korrektion.

**) Dr. Prestel, Der Boden Ostf., Seite 86.

In Königswasser löslich:

| | Neuer Boden | Nach 40–200 Jahren | Nach 200–300 Jahren | |
|-------------|-------------|-------------------------------------|---------------------|--------------------------------------|
| Kalk | 6,5 | 1 % Kalk weniger für jede 40 Jahre. | 1 % | Bis auf 1 % an Kohlensäure gebunden. |
| Magnesia | 1,66 | 1,5–1,3 | 1,3–1,2 | Zumeist in Silicaten anwesend. |
| Kali | 1,1 | 1 % | 1–0,9 | |
| Natron | 1,1 | 0,23–0,1 | 0,1 | Zumeist in Silicaten gebunden. |
| Alaunerde | | 4,5–5 % | | In Silicaten gebunden. |
| Eisenoxyd | 4,5 | 5–6 % | 5–6 % | Zumeist in Silicaten anwesend. |
| Kohlensäure | 4,8 | 1 % weniger für jede 50 Jahre. | 0 | Als kohlen-saure Erde |

Selbstverständlich finden wir in diesem Erdreich überall die unverwüstlichen Kieselschalen der im Schlick vorkommenden Diatomeen.

Marschboden und Kleiboden bezeichnen übrigens dasselbe. Marsch bezieht sich mehr auf die Entstehung und physikalische Beschaffenheit, Klei (engl. Clay) auf seine Bestandteile.

Das Wort Marsch ist verwandt mit Morast (Moerats) und bedeutet ursprünglich nasses und sumpfiges Land. Auch das unmittelbar an den Flüssen zwischen den dem Plöžgebirge angehörigen Hügelketten ebenfalls durch Alluvion, aber aus reinem Flußwasser entstandene, niedrige nasse Land führt von Alters her den Namen Marsch. Durch diesen rein sprachlichen Umstand hat man sich im Binnenlande zu dem verzeihlichen Irrtum verleiten lassen, in der alten Frage nach der Entstehung der Schlickablagerungen denen beizupflichten, die meinten, daß die Tätigkeit des salzigen Meerwassers dabei nicht unbedingt erforderlich sei. *)

Der Marschboden ist überall, abgesehen von geringen Erhebungen, die in Ostfriesland Warfen genannt werden, ebenmäßig flach. Die Warfen — auf denen z. B. der ältere Teil der Stadt Emden, wie auch Westerhusen, Suurhusen und überhaupt alle alten Dörfer erbaut sind, — verdanken ihre Entstehung in einigen Gegenden allerdings der menschlichen Arbeit, in anderen, zumal in Ostfriesland sind sie durch die Natur gebildet. **) Lange bevor man das Meer durch Deiche fernhielt, hat der Mensch seine Wohnstätte dadurch den Unbilden der Flut zu entziehen versucht, daß er sie auf natürlich entstandenen oder künstlich aufgeworfenen Erhöhungen, Wurfen oder Warfen genannt, anlegte. Dr. Solger erwähnt, um zu zeigen wie sehr dieser Ausdruck zur Bezeichnung von Ansiedlungen schlechthin geworden ist, daß die Holländer, die ja unter ganz ähnlichen Bedingungen die Küste bewohnten, das Wort nach Südafrika brachten, sodaß die Hereros und Witbois noch jetzt ihre riesigen Ansiedlungen „Warften“ nennen. Der Vollständigkeit halber und auf die Gefahr hin, einige Wiederholungen mit aufzunehmen, möchte ich

*) R. Haden, Die Deut. Nords.-Küste, Seite 47.

**) Dr. Prestel, Seite 16.

nun fast unverkürzt den Wortlaut des von der Marschbildung handelnden Abschnitts aus dem Wasserbau-Werk unseres berühmten Landmanns Franzius folgen lassen. *)

„Obgleich schon die Gesetze, nach denen sich die Anlandungen im allgemeinen vollziehen, besprochen sind, so sollen hier noch wegen der hohen landwirtschaftlichen Bedeutung der Seemarschen die für diese besonders geltenden Umstände und Bedingungen besprochen werden, und zwar zunächst nur die natürlichen Ursachen der Marschbildungen.

Wenn zunächst nur der in landwirtschaftlicher Hinsicht wichtigste Teil der Seemarschen, ihre oberste Schicht, betrachtet wird, so besteht diese vorzugsweise aus einem Niederschlage des Schlicks, also im wesentlichen feiner toniger Teilchen, die sowohl von leichter Strömung, als auch von geringem Wellenschlage noch bewegt werden und daher nur bei fast ruhigem Wasser zu Boden sinken. Es können sich deshalb Seemarschen nur in geschützter Lage, in Buchten oder in den vom offenen Meere getrennten Flächen, z. B. hinter Inseln, u. s. w. bilden. Da ferner die Menge des Schlicks besonders groß ist, wo bedeutende Stöme ins Meer treten und dieses Ebbe und Flut hält, so findet sich z. B. vor der südwestlichen holländischen und der ganzen deutschen Nordseeküste eine besonders kräftige Marschbildung. An Meeren ohne Ebbe und Flut wird der mit den Flüssen herabgeschwemmte Ton und feine Schlamm, wenn er sich nicht in den Mündungen ablagern kann, vor der Meeresküste durch die daselbst vorhandene Küstenströmung fortgeschwemmt, während in Strommündungen und Küstengewässern mit Ebbe und Flut die feinen Sinkstoffe so lange hin und her bewegt werden, bis sie Gelegenheit gefunden haben, sich zu lagern.

*) Wasserbau, Kap. XVII, § 7.

„Die Ablagerung geschieht in der Regel zum größten Teile in solcher Meerestiefe, in der Strömung und Wellenbewegung sehr gering sind, und nur zum kleinen Teile an geeigneten Stellen der Flüsse. Sie geschieht aber, wie schon bemerkt, mit Sicherheit und dauernd lediglich da, wo das Wasser in Buchten fast ganz strömungsfrei und auch von Wellen nur selten bewegt wird. Wo solche Buchten ursprünglich eine erheblichere Tiefe gehabt haben, ist außer dem Niederschlage des Schlicks noch das Wachstum von Seepflanzen aller Art, wie Tangen, Konferven u. s. w. lange Zeit hindurch wirksam gewesen, bis endlich der Schlick eine dichte Oberfläche bilden und nach und nach die unteren Pflanzenmassen durch seine Schwere niederdrücken konnte. Man findet deshalb fast ausnahmslos da, wo der ältere feste Meeresboden solcher Buchten tief liegt wie z. B. fast überall in Holland und Ostfriesland, die Marsch über einer zusammengedrückten Schicht von Seepflanzen, dem sogenannten Darg, gelagert und gewissermaßen auf demselben schwimmend. Wo die Ablagerung dagegen ausnahmsweise nicht in tieferen Buchten stattgefunden hat, liegt der Marschboden auch unmittelbar auf dem Sanduntergrunde. In dieser letzteren Weise bildet sich noch jetzt auf den Wattflächen von der holländischen bis zur jütischen Küste die Marsch, freilich nur da, wo entweder von Natur oder durch künstliche Anlagen die Ablagerung des Schlicks ermöglicht wird.

„Für die dauernde Benutzung der Marschen, insbesondere hinsichtlich der Bedeichung, Abwässerung, Bebauung mit Häusern u. s. w., sowie auch für die Sicherheit gegen die zeitweiligen Angriffe des Meeres ist es von großer Wichtigkeit, zu wissen, ob die Ablagerung über festem Boden oder über einem nur mit Seegewächsen oder Torfmoor ausgefüllten Sumpfe stattgefunden hat.

„Hinsichtlich der äußeren Erscheinungen verhalten sich die Marschbildungen bis auf den Grad des rascheren und langsameren Wachsens sehr ähnlich an allen Küsten. Solange die von der Höhe des Niedrigwassers beginnende Wattfläche die Höhe der halben Flut noch nicht erreicht hat, bleibt sie mit vereinzelt Ausnahmen, wie z. B. an der geschützten Seite von Inseln, wo Strand- und Marschbildung ineinander übergeht, in der Oberfläche weich, leicht beweglich und bis auf einzelne Pflanzen völlig vegetationslos. Von da ab jedoch nimmt sowohl die Festigkeit wie auch der Pflanzenwuchs rasch zu, weil die Fläche jetzt für längere Zeit der Einwirkung der Luft und Sonne ausgesetzt ist. Von der Höhe der halben Flut an läßt sich nun das Watt ohne große Schwierigkeit betreten und es entsteht jetzt zwischen Pflanzenwuchs und Aufschlickung eine günstige Wechselwirkung. Die ersten Pflanzen, die schon unter halber Fluthöhe wachsen, sind der Glasschmelz oder Queller (*Salicornia herbaica*) und das Salzkraut (*Salsola kali*), ersteres ein sehr saftiges, aus dicken Aesten bestehendes, letzteres ein mageres spitziges Kraut. Beide Arten wachsen nur sehr weitläufig und schmecken in hohem Grade salzig. Erst wenn das Watt bis auf etwa 0,6 m unter gewöhnlicher Flut gewachsen ist, erscheinen andere dichter stehende und höher organisierte Pflanzen, besonders die rotblühende Aster (*Aster trifolium*), bis endlich bei voller Fluthöhe feine Grasarten (*Poa maritima* und *laxa*) auftreten.

„Nur wo die Marsch auf festem Untergrunde entstanden ist, darf sie nötigenfalls schon bei gewöhnlicher Fluthöhe als reif zur Eindeichung angesehen werden, obwohl selbst dann noch eine weitere Erhöhung für die Zukunft sehr erwünscht scheint. Wo aber weicher, dargartiger Untergrund vorherrscht, muß mindestens die Oberfläche 0,3 bis 0,5 m über

gewöhnlicher Flut liegen. Es findet nämlich nach jeder Eindeichung eine erhebliche Austrocknung zunächst des oberen Bodens statt, die sich indessen allmählich, wenn auch zunächst nur nach besonders trockenen Zeiten, auch auf den Untergrund erstreckt. Dies geschieht einesteils unmittelbar durch Aufsaugung des in diesem enthaltenen Wassers, andernteils mittelbar dadurch, daß der trockene obere Boden wie ein schwerer Körper in den nassen Untergrund einzudringen sucht und dabei das Wasser desselben zum Teil nach oben, die festeren Teile desselben zum Teil nach unten drückt. Je mehr dann das Wasser auf natürliche und künstliche Weise mittels Gräben entfernt wird, desto nachhaltiger bleibt die Austrocknung in der Tiefe, aber auch die Senkung in der Oberfläche. Nur auf diese Weise ist die oft sehr rasch erfolgende bedeutende Senkung der eingedeichten Marschen zu erklären, wofür man mitunter entweder ein Sinken der ganzen Küstenländer oder ein Steigen des Meeres unschuldigerweise verantwortlich gemacht hat. So sind aus der Senkung der Marschen in älteren und neueren Schriften die ungereimtesten Schlüsse gezogen und darauf die haltlosesten Behauptungen gestellt, die bei einer vergleichenden Betrachtung der aus einigen Jahrhunderten bekannten Höhenverhältnisse (z. B. von Entwässerungssielen und Schleusen, Entwässerungs- und Schiffahrtskanälen) zu den Höhen des Hoch- und Niedrigwasserstandes draußen und den auf festem Sandgrunde ruhenden Gegenständen binnen, sofort in sich verfallen. Es gibt z. B. 300 Jahre alte, tief-fundierte Schleusen- und Sielböden. Nach Berechnung verschiedener Schriftsteller, z. B. Ludolfs, soll die holländische Küste in jedem Jahrhundert 0,5 m sinken. Dann müßten jene Schleusen u. s. w. um 1,5 m tiefer liegen, als seit ihrer Erbauung, was indessen augenfällig nicht zutrifft, da sie sowohl in

Bezug auf Hoch- als auf Niedrigwasser sich noch jetzt in durchaus zweckmäßiger Lage befinden. Man würde die meisten, von etwaigen fehlerhaften Anlagen abgesehen, für gleiche Zwecke heute gerade so legen, wie sie jetzt liegen. Freilich müssen infolge der Senkung der Marschen, die stets um so tiefer, je mächtiger der weiche Untergrund, oft künstliche Entwässerungsanlagen eingeführt werden, wo früher natürliche ausreichten, auch bedürfen leichte, in der Oberfläche ruhende Baulichkeiten einer nachträglichen Erhöhung, um gegen die unverändert gebliebene Höhe der Wasserstände genügend hoch zu liegen.

„Aus glaubwürdigen Nachrichten, sowie aus innerer Wahrscheinlichkeit läßt sich in zahlreichen Fällen nachweisen, daß die Oberfläche der holländischen und ostfriesischen Marschen seit und infolge ihrer Eindeichung im Laufe von etwa zwei Jahrhunderten sich um 1 bis 2 m gesenkt hat. Ebenso sind nach Kovatsch in der ganzen Umgegend Venedigs und der von dem Po und seinen Nachbarflüssen gebildeten Marsch sehr bedeutende Senkungen in geschichtlicher Zeit ermittelt, für die man in erster Linie das Zusammensinken des lockeren aufgeschwemmten Bodens verantwortlich machen muß. So ist z. B. die Krypta der Markuskirche in Venedig, die um das Jahr 1043 begonnen wurde, bereits im Jahre 1569 von eindringendem Wasser belästigt und liegt gegenwärtig mit ihrem Fußboden 0,4 m unter der mittleren Flut. In der Kirche St. Vito e Modesto wurde im Jahre 1745 ein zweites Pflaster in der Tiefe von 2,5 m aufgedeckt, in einer anderen Kirche St. Simone e Giuda fanden sich nicht weniger als drei übereinanderliegende Fußböden vor. Unter dem jetzigen Pflaster des Markusplatzes fand man im Jahre 1722 ein zweites, 1 m unter dem Meeresspiegel liegendes Pflaster. In Ravenna findet sich der Boden im Grab-

mal des Königs Theodorich 0,47 m unter mittlerer Fluthöhe. Aus diesen Beispielen und der Annahme, daß bei Ausführung jener Bauten die Fußböden 2—3 m über der mittleren Flut angelegt worden sind, ist für Venedig eine jährliche Senkung von 0,003 m, für Ravenna von 0,0017 m berechnet. Dabei wird aber die Tiefe der ganzen aufgeschwemmten Schicht zu 1200 m angenommen.

„Wenn nun neben dem unzweifelhaften Sinken der Marschen durch Austrocknung und ihr eigenes Gewicht auch ebenso zweifellos ein stellenweise vorkommendes Sinken fester Bodenflächen, also auch des die Marschen tragenden Untergrundes angenommen werden muß, weil ohne Senkung und Hebung hier und dort die tatsächliche Gestaltung der Erdoberfläche nicht zu erklären sein würde, so darf doch auch hier wieder empfohlen werden, die Schmick'sche Theorie von der säkularen Hebung und Senkung des Meeresspiegels mit den etwa vorkommenden Senkungerscheinungen zusammenzuhalten.

„Es liegt auf der Hand, daß jede Senkung einer eingedeichten Marsch nicht allein deren Wert vermindert, sondern auch die Gefahr einer verheerenden Ueberschwemmung infolge von Deichbrüchen vermehrt und zwar in einem Grade, daß sich hieraus die geschichtliche oder mutmaßliche Zerstörung großer Marschflächen erklären läßt. Es steht geschichtlich fest, daß die drei großen Nordsee-Meerbusen, der Zuider See, der Dollart und die Jade, sowie die zwischen den schleswigschen Inseln liegenden Wattflächen erst im Laufe der letzten sieben Jahrhunderte durch Zerstörung reich bebauter Marschen infolge heftiger Sturmfluten entstanden sind. Dabei muß allgemein vorausgesetzt werden, daß diese Marschen bedeiht waren, weil ihre Höhe im Durchschnitt kaum die Höhe der gewöhnlichen Flut übertroffen und erreicht haben kann. Ferner darf die Zerstörung der ganzen Landflächen nicht als

nur durch eine einzige Sturmflut veranlaßt gedacht werden, sondern es wird stets zunächst der Deich auf großen Strecken fortgerissen, das Land zum Teil seiner Bewohner beraubt und auf längere Zeit dem Eindringen neuer Sturmfluten überlassen geblieben und dadurch nach und nach so von den Wellen aufgewühlt worden sein, daß die Ebbeströmung die losgespülten Bodenteile als Schlick wieder hinaus-schleppen konnte. Aus diesen Gründen stimmen auch die von verschiedenen Schriftstellern aufgeführten Jahreszahlen der Bildung dieser großen Meerbusen nicht überein. Die bedeutendsten Zerstörungen im Zuider See werden dem Jahre 1170, die des Jadebusens dem Jahre 1218 und die des Dollarts dem Jahre 1277 zugeschrieben, während die schleswigsche Küste namentlich in den Jahren 1300, 1354 und 1362 verheert sein soll. Die älteren Nachrichten berichten dabei jedesmal den Untergang zahlreicher Ortschaften und vieler Tausende von Menschen.

„Wenn in der neusten Zeit trotz vorgeschrittener Senkung der Marschen erhebliche Zerstörungen derselben nicht mehr stattgefunden haben, so muß dies vorzugsweise der planmäßigen Herstellung und Verteidigung, sowie der energischen Neubildung der Deiche zugeschrieben werden. Dennoch zeigt das Beispiel der Sturmflut von 1825, bei der an der deutschen u. holländischen Nordseeküste 789 Menschen und 45 000 Stück Vieh umgekommen sind, daß auch noch zu einer Zeit, wo das Deichwesen schon sehr entwickelt war, die Gefahr der Sturmfluten für unsere Marschküsten noch eine ganz ungeheure ist. Es erhellt daraus zugleich für diese Marschen die Wichtigkeit des Deichbaues und, da die Deiche nur hinter einem gesicherten Ufer liegen können, auch des Seeuferbaues“.

Große Strecken fruchtbaren Landes sind mittlerweile dem Meere wieder abgerungen worden. Nur im

Jadebusen wird man solange nicht an eine Wiedergewinnung des verlorenen Landgebiets herantreten können, als der Kriegshafen dort einer tiefen Fahrinne bedarf.

An der Westküste von Schleswig-Holstein sind in den letzten fünf Dezennien etwa 15,000 Hektar eingedeichtes Koogland gewonnen worden, sodaß man dort die Festlands-Küste durchschnittlich um einen halben Kilometer seewärts vorgeschoben hat.

Der nimmerruhenden Arbeit der hier zerstörenden dort aufbauenden geologischen Kräfte, setzt der Mensch unentwegt und zielbewußt seine nicht minder zähe Tätigkeit entgegen, um der Zerstörung Einhalt zu gebieten oder das vom Meere wieder Herausgegebene zu sichern. Hier sei nur flüchtig an die großartigen Küstenschutzbauten auf Helgoland erinnert. Nirgends deucht uns die menschliche Tüchtigkeit bewundernswerter als im Kampfe mit den Elementen. Jeder neue Polder ist ein Zeichen des Sieges — und noch immer darf man an der rauhen Küste der Nordsee, wo sich das Salzwasser des Meeres mit dem Süßwasser der deutschen Flüsse mischt, das stolze Wort wiederholen: *Deus mare, Friso litora fecit!*

Eine der bemerkenswertesten Etappen auf dem Wege der Neueroberung des Küstengeländes ist der geplante etwa 12 Km. lange Eisenbahndamm, der die Insel Sylt mit dem Festlande verbinden soll. Die Kosten des Dammbaues einschließlich der Eisenbahn sind mit 10,003,000 Mark veranschlagt und in dieser Höhe in das Eisenbahnanleihegesetz eingesetzt — auch bewilligt — worden. Die Vorarbeiten sind schon längst im vollen Gange. Man glaubt, daß alle vorzunehmenden Arbeiten bis Frühjahr 1917 vollendet sein werden, wobei man mit einer Bauzeit von 2 Jahren und 1 Jahr Festigkeitserprobung rechnet. Die vollgleisige Bahn soll bei Rickelsbüll das Meer erreichen und von hier aus muß der zunächst zu errichtende Damm das

Wattenmeer überqueren, um in der Nähe des Morsumskliffs die Insel zu treffen. Es hatte sich die Sage verbreitet, dieses berühmte Morsumkliff würde das Material für den Dammbau hergeben müssen. Eine unbegründete Befürchtung. Das Baumaterial wird vielmehr durch Saugbagger aus dem Schlick des Wattenmeeres selbst gewonnen werden. — Wie man sich vorstellen kann, bietet dieser Eisenbahndamm der Ingenieurkunst eine nicht ganz leichte Aufgabe; jedenfalls ist zu hoffen, daß jene Insulaner, die in mancher Sturmesnacht die Gewalt des „blanken Hans“ kennen gelernt haben und der technischen Ausführbarkeit des Dammes zweifelnd gegenüberstehen, eines Besseren belehren wird. Die Erdbohrungen und Terrain-Messungen sind bereits seit vergangenem Herbst auf der ganzen Strecke abgeschlossen. Die hervorragende, wirtschaftliche Bedeutung dieses Verkehrs-Projektes steht außer aller Frage, übrigens dürften auch strategische Erwägungen bei dessen Ausarbeitung mit in die Wage geworfen sein. Vielleicht ist es kein bloßer Zufall, daß der Beginn der Ausarbeitung in unmittelbarem zeitlichen Zusammenhang mit den Manövern von 1910 steht, die den Beweis erbracht haben sollen, daß, trotz starker Verteidigung der Insel, große feindliche Truppenmengen auf Sylt landen könnten.

Aber auch andere Gründe haben vorgelegen, die uns an dieser Stelle hauptsächlich angehen. Hand in Hand mit der Erbauung des Bahndamms sollen die umfangreichen Landgewinnungs-Arbeiten einsetzen. Durch die Teilung des Wattenmeeres und Errichtung des festen Bahndamms erwartet man — und in dieser Erwartung wird man sich nicht täuschen, — dem nimmersatten Meere, das vor ungezählten Jahrhunderten der schleswig-holsteinischen Westküste ausgedehnte Flächen Kulturlandes fortgerissen hat, durch die somit geschaffene Förderung der Anlandung von Schlick

einen großen Teil des verloren-gegangenen Landes wieder abzurufen, umsomehr da der Strom von beiden Seiten nach dem Damm führt.

Die Kosten für die gewöhnliche Winterbedeichung belaufen sich nach Angaben des Domänenrentmeisters Hinrichs für einen Hektar bedeichten Landes auf rund 500 Mark für die Landgewinnungsarbeiten, weitere 1400 Mark Deichkosten und etwa 100 Mark für Wege und Entwässerung, dergestalt, daß ein Hektar bestes Marschland, das dort einen ungefähren Wert von 2700 - 4000 Mark hat, auf rund Mark 2000 zu stehen kommt. Da die ganze Schlickanlandung auf natürlichem Wege zustande kommt, kommen mithin keine hohen Anforderungen an den Staatssäckel in Betracht. Man nimmt an, daß die ganzen Anlandungs-Arbeiten, die an der schleswigschen Küste und auch bei den Inseln Nordstrand, Hamburger Hallig, Appelland, Oland und Langenuß im Gange sind, — durch den Bau des Bahndamms nach Sylt in einer weit großzügigeren Weise gefördert werden können.

„Es ist keine Utopie, wenn man sagt, dieser Damm, der mitten hineingesetzt wird in den unablässigen Kampf von Ebbe und Flut, wird keineswegs von den Meereswogen befehdet und gefährdet, sondern im Gegenteil gefördert und ständig nach beiden Seiten hin verbreitet werden“.*)

Eine Insel durch einen Damm mit dem Festlande zu verbinden und der stetigen Schwemmarbeit der Meereswogen Gelegenheit zu nützlicher Betätigung zu geben — ist kein ganz neuer Gedanke. Schon Alexander der Große hatte ihn erfaßt. Im Jahre 531 v. Chr. gründete er auf dem schmalen Küstenstreifen, der in unmittelbarer Nähe des Nil-Deltas zwischen dem Meere und dem Binnensee Mareotis liegt, die nach ihm benannte Stadt Alexandria. Durch die

*) Dieser Aufsatz ist, beiläufig bemerkt, im Sommer 1913 verfaßt worden.

vorgelagerte Insel Pharos war die Stadt wohl vor Anstürmen des Meeres geschützt, aber eben diese Insel bildete, wenn sie ohne Deckung blieb, eine Gefahr für die Stadt selbst; sie war leicht zu erobern und von ihr aus wäre die Stadt den feindlichen Angriffen preisgegeben. Der demzufolge von Baumeister Deinokrates ausgearbeitete Plan wurde bald verwirklicht und es entstand ein 16 Meter breiter Damm, der die etwa 1290 Meter entfernte Insel mit dem Festlande verband. Damit war die strategische Verbindung hergestellt, zwei schöne und viel besuchte Häfen wurden angelegt und wer sich heute in Alexandria umsieht, ahnt kaum, daß die jetzt an der schmalsten Stelle noch volle 700 Meter breite, mit den friedlichen Häuschen des mohamedanischen Stadtteils Alexandriens bedeckten Landstrasse dem Meere abgerungen ist. Der Name „Pharos“ erinnert mehr an den alten Leuchtturm, den Sostratus von Knidos einst 180 Meter hoch in den Azur führte — eins der sieben Wunder der alten Welt, — als an die ehemalige Insel.

Die Anlandung hat sich selbstverständlich langsam fortschreitend vollzogen. Auch bei dem Sylter Bahndamm wird man in den sonst ganz berechtigten Erwartungen hinsichtlich der Bildung von Neuland nicht zu ungestüme Forderungen an die Zeit stellen müssen. Durch Anlage von Miesmuschel (vielleicht auch Austern-) Bänken würde man die Schlickbildung voraussichtlich fördern. —

Bekanntlich ist schon 1876 von Dr. Meyer auf die Bedeutung des Lister Tiefs der Insel Sylt für die Handels- und Kriegsmarine hingewiesen worden. Nun ist es sehr wohl möglich, daß man nach Fertigstellung des Damms den Ausbau des Lister Tief, dessen Lage durch diesen Bau noch günstiger gestaltet wird, als Umlade- und Fischer-Hafen und daneben auch als Schutz für die „schwarzen Windhunde des

Meeres“, die Torpedoboote, in Aussicht nehmen wird.

Ein ähnlicher, wenn auch nur 3051 Meter langer Riesendamm ist im Vorjahre in Nordamerika vollendet worden. Galveston, die bedeutendste Hafenstadt im Südwesten, liegt nunmehr auf einer künstlich geschaffenen Halbinsel. In der Mitte des Damms wird eine Strecke von 742 Meter Länge von einer Brücke überspannt, — dort rechnet man also nicht mit einer Schlickanlandung.

Bodé.



Ueber die Entstehung der Detritus-Masse im Schlick.

Von Claudius Bodé-Hannover.

a) Der Wattwurm

(*Arenicola marina* oder *piscatorum*).

b) Die Miesmuschel (*Mytilus edulis*).

Als das Becken der Nordsee durch gewaltige Naturereignisse vergrößert und vertieft worden war, vermochten die Dünen — lange Zeit hindurch der natürliche Wall des Festlandes gegen die andringende Flut — der verheerenden Gewalt der Wassermassen nicht zu widerstehen; sie wurden an verschiedenen Stellen durchbrochen und das niedrige Hinterland war der Ueberschwemmung preisgegeben. Der zerrissene Küstenrand verwandelte sich in eine Inselreihe, die wir noch heutigen Tages vom Meer umspült sehen; ihr einstiger, seit Alters durch die Sage angedeuteter, nunmehr wohl als erwiesen zu betrachtender Zusammenhang mit dem Festlande wird auch durch das Watt bestätigt, indem man hie und da Spuren untergegangener Wälder, auch Reste der Tierwelt, die den Urwald belebte, findet.

Vermutlich um die Mitte des 7. Jahrhunderts haben dann die Bewohner der friesischen Küste angefangen, ihre Seeburge — die Deiche — zu bauen.

Jenseits dieses Bollwerkes, des „goldenen Reifens“, breitet sich zwischen Festland und Inseln das Watt aus, jene Untiefe des Meeres, die zurzeit der Flut

bis zur Höhe von 1 $\frac{1}{2}$ bis 5 Meter vom Seewasser bedeckt ist und von kleinen Schiffen befahren wird, bei niedrigster Ebbe aber so bloß liegt, daß man sie durchwaten kann. An der ostfriesischen Küste beträgt die Breite des Watts an einigen Stellen mehrere Stunden Wegs. Genauere Angaben habe ich nicht aufreiben können. Der für die Verbindung Sylts mit dem holsteinischen Festlande geplante, von Rickelsbüll ausgehende Eisenbahndamm wird das „Hesten Draght“ in einer Länge von 12 km zu durchqueren haben.

Am Fuße der Deiche ist das Watt häufig begrünt; in weiter Entfernung zeigt es nur Schlick und Schlamm. Unter der sandigen Oberfläche liegt an einigen Stellen „Klei“ oder Marsch, an anderen Darg, eine torfartige Erdart, der auch die Bernsteinfunde entstammen. *)

Zu der Fauna dieses amphibischen Gebildes „jenseits des Deiches“ gehören der Wattwurm an der ostfriesischen Küste „Graver“ genannt und die allbekannte Miesmuschel.

Die rastlose Tätigkeit jenes „Gräbers“ ist bislang anlässlich der Lösung des alten Problems der Schickbildung wenig beachtet worden, während wir jetzt der Annahme zuneigen, daß ein nicht unerheblicher, jedenfalls nicht unwesentlicher Bestandteil des Schlicks sich aus seinen Darmausscheidungen und dem von ihm aufgewühlten Humus zusammensetzt. Schiller-Tietz in Kleinflottbeck geht soweit zu behaupten, der Wattensand würde in den Eingeweiden des Wattwurms derartig verdaut, daß die Auswurfstoffe ohne Weiteres als Kulturboden dienen können.

*) Dr. Prestel, der eine vorzügliche Bernstein Sammlung besaß, erwähnt, daß sich im Besitze des Emdener Museums ein 1842 am Nordstrande der Insel Juist gefundenes Stück Bernstein befindet das 2 Pfund 18 Loth wiegt und sich dem in der Berliner Mineralien-Sammlung befindlichen Stück würdig zur Seite stellen kann.

Durch vielfache Versuche habe ich mich überzeugt, daß die sogenannte „Trübe“ nicht nur durch das einfache Zusammentreffen von Meer und Flußwasser entsteht. Ich habe Wasserproben in der Nähe der Flußmündungen — außerhalb der Brackwasser-Zone mit Zusätzen von 95⁰/₀ bis herunter zu 5⁰/₀ frischem, klarem Nordseewasser unter Beobachtung gehabt, aber in keinem Falle eine eigentliche „Trübe“ oder einen erkennbaren Einfluß der elektrolytischen Eigenschaft des Salzwassers feststellen können. Der sich niederschlagende Detritus, in dem ich außer unerheblichen anorganischen Beimischungen die gewöhnlichen pflanzlichen Organismen fand, glich überhaupt nicht dem typischen Schlick wie der natürliche Vorgang uns solchen liefert.

Einen ähnlichen Versuch hat früher Freese in Ostfriesland gemacht*) indem er See- und Moorwasser vermischte und fand, daß sich ein fetter, weißer Bodensatz bildete, der den Geruch der „Kleierde“ hatte.

Man hat das Brackwassergebiet als „chemisches Laboratorium“ für die Schlickbildung bezeichnet. Und mit Recht. Aber Niemand hat uns verraten, woher die große Masse (16⁰/₀) der sich im Schlick vorfindenden organischen Substanz — darunter unzählige Diatomeen und viele Foraminiferen — stammt. Bei den Versuchen mit Brackwasserproben ergibt sich, daß die Sedimente in erheblich kürzerer Zeit zu Boden sinken als es im Süßwasser der Fall ist. Wir wissen, daß das Meer vornehmlich das an seinen Küsten und in seinem Schoße aufbereitete Schleifmehl heranfrachtet; aber woher stammt der organische Detritus, für den das sich selbst reinigende Flußwasser erst in zweiter Linie in Betracht kommt?

Schon in den achtziger Jahren wurde die seitdem oft wiederholte Frage aufgeworfen: woher der Schlick?

*) „Ostfries- und Harlinger Land“, S. 348.

Fragen wir lieber zunächst: woher die angefrachteten verschiedenartigen Bestandteile des Schlicks?

Um Klarheit zu schaffen, wird es sich lohnen zunächst der Lebensweise des Wattwurms und seiner Betätigung bei der Schlickbildung nachzuspüren.

Zweifelsohne spielen die unscheinbaren Ringelwürmer - die „Eingeweide der Erde“ wie die alten Griechen sie nannten - im allgemeinen eine viel wichtigere Rolle im Haushalte der Natur als man gewöhnlich voraussetzen geneigt oder gewohnt ist.

Die Beobachtungen Darwins, die der alte Forscher in seiner, auch in Brehms Tierleben erwähnten Schrift „Die Bildung der Ackererde durch die Tätigkeit der Würmer“ niedergelegt hat, sind durch neuere Erfahrungen auf's glänzendste bestätigt worden.

Ein englischer Beamter der Regierung des Sudans bewertet die Fruchtbarkeit des Tales des Weißen Nils im wesentlichen durch die gewaltig Menge von Regenwürmern, deren zylindrische Darmausscheidungen von 60 bis 65 mm förmlich den Erdboden bedecken. Diese Würmer wohnen dort hauptsächlich 30 bis 60 cm unter der Oberfläche, gehen aber auch weiter in die Tiefe. Ihr jährlicher Auswurf berechnet sich auf nicht weniger als 25,000 Tons für ein qkm. Danach würde die ganze Gegend bis zu einer Tiefe von etwa 60 cm innerhalb 25 Jahren einmal an die Oberfläche befördert werden. Der englische Beobachter in Kartum fand in einer Dezember-Nacht auf 1 qm 40, bzw. 58, 55 und 92 Auswürfe, deren Gesamtgewicht für jedes Quadratmeter zwischen 200 bis 750 gr schwankt. Rechnet man durchschnittlich 550 gr Auswürfe für 1 qm, so ergibt das in einer Nacht 5500 kg für den Hektar. Man hat im Tale des Weißen Nils 133 Regenwürmer auf 1 qm beobachtet. Diese stattliche Ziffer würde für 1 Hektar 1,330,000 Ringelwürmer ergeben.

Darwin wies darauf hin, daß diese verachteten

Würmer bei ihren Wanderungen im Boden nicht nur Röhren bilden und mit ihren Ausscheidungen füllen, somit den Pflanzen-Wurzeln das Abwärtswachsen erleichtern und gleichzeitig bedeutende Mengen Dünger liefern, — sondern auch beständig die Erde aus tieferen Schichten durch ihren Darm hindurch nach der Oberfläche befördern.

Sie müssen das tun, weil sie sonst in der Tiefe ersticken würden. Ein Juister Herr, der die Liebenswürdigkeit hatte, mir eine Dose mit Wattwürmern zu schicken, schrieb mir, er habe es vermieden, die durchlöchernte Blechdose mit Sand zu füllen, weil die Würmer sonst nicht lebend in meinen Besitz gelangen würden.

In einem der jüngst erschienenen „Kosmos“-Hefte finde ich einen „Der Tauwurm“ überschriebenen Aufsatz, in dem es sehr zutreffend heißt:

„Zwei, ja drei Meter tief führt die schmale, dünne Röhre in den Erdboden hinein. Dort unten ist das stille Arbeitsfeld dieser Ringelwürmer, — da wo der Boden noch jungfräulich ist und auf die kultivierende Bearbeitung von Menschenhänden vergeblich wartet. Zu ihrer Nahrung bedürfen sie des schlechten, mit allerhand nützlichen Stoffen durchsetzten Bodens. Nächtlicher Weise schlüpfen sie durch die Förderschächte hinauf an die Erdoberfläche. Und wie die Bergleute, die tief drunten der Mutter Erde ihre Schätze mühsam abtrotzen und hinauf schaffen an's Tageslicht, so bringt der Tauwurm wertvolle Klümpchen durch seine Verdauung urbar gemachten Erdbodens an die Oberfläche hinauf, sie sorgsam auf dem Rasen oder am Wege zu kleinen Kugelpyramiden aufschichtend“.

Was der Wurm in Wirklichkeit verdaut, das sind natürlich die organischen Stoffe, mit denen der Boden durchsetzt ist.

Nach all' dem Vorhergehenden haben wir uns bereits mit dem Gedanken vertraut gemacht, daß wir

in der, organische Stoffe zu Tage fördernden Tätigkeit des Watt- oder Sandwurms eine der Quellen der Schlickbildung zu erblicken haben.

Der Wattwurm lebt an fast allen Küsten von Europa und von Grönland; seinen wissenschaftlichen Namen *Arenicola piscatorum* verdankt er dem Umstande, daß er früher in sehr ausgiebiger Weise zum Schellfischfang verwendet wurde. Allein auf Norderney, als diese Insel noch vornehmlich vom Fischfang lebte, wurden täglich etwa 150,000 solcher, dort auch Pier genannter Würmer von gestiefelten, hochaufgeschürzten Frauen und Jungfrauen mittels einer „Gröpe“ aus dem Sand des Strandes herausgeholt und als lockender Köder zum Angeln gebraucht.

In Brehms Tierleben wird die Länge des Wattwurms mit 22 cm bezeichnet. Ich habe zwischen 10 und 20 cm gemessen. In älteren Werken ließt man: „Er soll oft über eine Elle lang werden“.

In der Färbung herrschen grünliche, gelbliche und rötliche Tinten vor; es gibt aber auch sehr helle und fast dunkelschwarze Individuen dieser zuerst von Lamarck festgestellten Musterart der vielborstigen Ringelwürmer. Die abweichende Färbung steht in offenbarem Zusammenhang mit der Beschaffenheit des Aufenthalts. Ganz dunkel gefärbte Sandwürmer fand Brehm im schlammigen Hafen von Nizza.

Die Darmausscheidungen von 17 Stück zumeist nicht ganz ausgewachsenen Wattwürmern, die ich von der Insel Juist erhielt und unter Beobachtung hatte, wogen 50 gr, demnach rund 3 gr für jedes Tier, wogegen das Gewicht der im Tale des Weißen Nils gefundenen Auswürfe sich auf etwa das Doppelte berechnet. Im Darm der Wattwürmer habe ich außer dem gewöhnlichen unveränderten Quarz-Sand verhältnismäßig wenig verdaute Reste organischer Substanz gefunden. Schütte (Entstehung der See-Marschen) gibt zwar zu, daß der Wattwurm in seinen Körper-

Säften chemische Reagentien von großer Wirksamkeit besitzt. Von einer Zersetzung des Sandes in den Eingeweiden der Tiere kann jedoch füglich keine Rede sein. Ich habe den frisch mit Darmausscheidungen bedeckten Wattsand untersucht und darin durchschnittlich 4^o/_o bis 6^o/_o Detritus gefunden. Schucht dagegen (Boden usw. der Ostfr. Inseln) hat sowohl die Auswurfstoffe als auch den Wattsand einer Untersuchung unterzogen, die erheblich geringere Zahlen ergeben, - während Mansholt durch Topfversuche die Umwandlung des Wattbodens in Ackerboden zu beweisen sucht.

Die Verbreitung des Wattwurms an den von ihm bevorzugten festgelagerten humusreichen sandigen Uferstellen und überhaupt der ganzen Zone, die bei Ebbe boß gelegt wird, dürfte nicht minder groß sein als im Tale des Weißen Nils. Wenn wir statt einer Tagesproduktion von 5500 kg Auswürfe für den Hektar auch nur 3000 kg annehmen, so ergibt das bei der großen Ausdehnung der Wattgebiete in der Deutschen Bucht eine genügende Menge, um ein beträchtliches Vorkommen der unablässig von der Oberfläche abgewaschenen organischen Substanz im Schlick glaubhaft zu machen.

Das Meer nimmt und gibt.

Statt in der Dunkelheit der Nacht an die Oberfläche zu kommen, hat der Wattwurm sich den Verhältnissen angepaßt und sein Erscheinen nach dem Wechsel der Gezeiten eingerichtet. Kaum hat zurzeit der Ebbe das Wasser die unabsehbare Fläche des Watts verlassen, so regt er sich und bedeckt den Boden mit seinen knäueiförmigen Darmausscheidungen.

Gegen Ende der Ebbe liegen die Häufchen so dicht beisammen, daß ihre Ränder sich oft berühren.

Wird nun das Watt von neuem von dem Flutwasser überströmt, so wird alles wieder glatt gewaschen. Die organischen Teilchen der Auswurfshäufchen werden

von der Gewalt des einbrechenden, bis dahin ganz klaren Wassers aufgelöst und fortgeschwemmt. In dem dadurch trübe und schlammig gewordenen Wasser halten sich diese Partikelchen solange schwebend, als Flutbewegung oder Wellenschlag andauern. Aber auch in ganz ruhigem Wasser halten die feinsten Sedimente sich lange schwebend, wie die a. a. O. dargebotenen Ergebnisse meiner Versuche klar vor Augen führen. Im Flutschatten, flußaufwärts z. B. in der Elbe bis oberhalb Glückstadt-Krautsand, in der Weser bis etwa Eljewarden, in der Ems bis Weener und Halte, kurz im chemisch-physikalischen Laboratorium des Brackwassergebietes, wo nun die verschiedenen Elemente des Flußwassers und des Meerwassers sich vereinigen, tritt die oft genannte „Trübe“ ein — und die Gesamtmasse sinkt als Schlick zu Boden.

Ich habe mir lange Zeit nicht darüber klar werden können, woher die typische, sozusagen kolloidale Eigenschaft des fertigen Schlicks stammt, die ich mit der merkwürdigen Eigenschaft der chinesischen Tusche vergleichen möchte. Sie ist mir bei der mikroskopischen Erforschung des Schlicks aufgefallen. Die Tuschefärbung ist für die Dunkelfeldbeleuchtung in Aufnahme gekommen, weil die Ruß- oder Kohlentelchen so fein verrieben sind, daß man unter Verwendung des Immersionsverfahrens erkennt, daß es sich um eine kolloidale Lösung handelt. Diese geht fast unverändert durch das Filtrierpapier. Ähnlich verhält es sich mit dem durch die feinsten Gazesiebe von allen gröberen Substanzen befreiten Schlick, wie in meinen vorhergehenden Studien eingehender geschildert worden ist.

Hinsichtlich der bei der örtlichen Bildung der Schlickstoffe im Weiteren in Betracht kommenden

Miesmuschel (*Mytilus edulis*)

kann ich mich, um nicht Gesagtes zu wiederholen,

kurz fassen. Auch bei der Miesmuschel handelt es sich letzten Endes um umgeheure Mengen von Auswurfstoffen.

Muscheln sind ja fast so bodenständig wie Pflanzen. Nichts vermag sie aus ihrem Still-Leben aufzurütteln, — die Nahrung wird ihnen durch das Wasser zugetrieben und ihre Freßlust ist sozusagen unersättlich. Dementsprechend sind auch die Darmausscheidungen beträchtlich groß.

Die Vermehrung der Miesmuschel ist eine erstaunliche. Meyer und Möbius erzählen, daß an einem Badefloß, das vier Monate in der Kieler Bucht gelegen hatte, alle unter Wasser befindlich gewesenen Teile so dicht mit Miesmuscheln bedeckt waren, daß etwa 30,000 auf ein Quadratmeter kamen.

Aus einem Berichte von Professor Möbius geht hervor, daß jede ältere laichende Auster über eine Million Junge zeugt. Ganz ähnlich liegen die Verhältnisse bei der Miesmuschel.

Die Miesmuschel gedeiht am besten in der Nordsee und in den europäischen Meeren; sie gehört übrigens zu den nicht zahlreichen Seetieren, die aus den Meeren mit normalem Salzgehalte, wie aus der Nordsee, in die mehr oder weniger gesüßten, ihres Salzgehaltes beraubten Meere und Binnenmeere, wie die Ostsee, eindringen und sich der neuen Umwelt anpassen.

Die Miesmuschel siedelt sich mit Vorliebe dort, wo starke Ebbe und Flut herrscht, in der Strecke der Uferregion an, die stets zeitweise bloßgelegt wird. Sie steigt nach den von Wilh. Niemeyer angestellten Ermittlungen höchstens bis etwa 6 Meter unter Hochwasser hinab und stirbt in größerer Tiefe, bei-läufig bei 10 Meter, ab — wobei dahingestellt bleiben mag, ob dies Absterben auf Mangel an Nahrung oder auf vergrößerten Druck zurückzuführen ist.

Am Nordstrand unserer Nordsee-Inseln bilden sich niemals Muschelbänke, weil der Sand zufolge der Brandung zu sehr beweglich ist, so daß die Muschelbrut sich nicht befestigen kann. Daß Brut genügend vorhanden ist, die Muscheln auch sonst in der Brandung sehr gut leben können, vorausgesetzt, daß sie nur einen festen Halt haben, beweisen die am Nordstrande befindlichen, jedem Badegaste bekannten Bühnen, die über und über mit Miesmuscheln in allen Größen bedeckt sind. Daß an den Bühnen keine Ablagerungen von Auswurfstoffen zu beobachten sind, ist ganz erklärlich, da die Brandung solche nicht zuläßt.

In der für uns in Frage kommenden Region des Wattenmeeres bildet die Miesmuschel ganz gewaltige Bänke, von denen stellenweise im Watt außerordentlich große Flächen bedeckt werden. Und manche Muschelbank ist, je nach dem Alter der Tiere, von einer bis zu 50 cm starken Humusschicht unterlagert.

Überblicken wir die aufgezählten Tatsachen, so kann es uns nicht entgehen, daß der größere Teil der in den blauen Schlick enthaltenen organischen Stoffe seine örtliche Entstehung nur im Wattenmeere selbst haben kann.

Wie unser Watt zur Flutzeit überschwemmt wird, fließt das Wasser bei Ebbe wieder ab. Das abfließende Wasser verteilt sich östlich und westlich bis zu einer ganz genau bestimmten Entfernung. An dieser Stelle treffen sich die große Mengen von Schwemmstoffen mit sich führenden Strömungen von Ost und West und bilden die sogenannte Wasserscheide — oder, wie die Schiffer kurz sagen, die „Hooyde“. In der umgekehrten Richtung fließt das Wasser bei Ebbe wieder ab.

Kurzum, die nach Maßgabe zeitlicher und örtlicher Verhältnisse zu- oder abnehmenden Quellen,

denen unser blauer Schlick entstammt, sind sowohl das pflanzliche Organismen und feinen Ton herabschwemmende und mit Humussäure geschwängerte Flußwasser, wie auch das stark salzhaltige Meer, das in seinem Schoße Schleifmehl aufbereitet und zumeist in stärkerem Maße als das Süßwasser zur Bereicherung der Brackwasserzone beiträgt.

Dazu gesellt sich das Wattenmeer, woher die vom Sandwurm aufbereiteten Humusstoffe neben den Darmausscheidungen gebildeten und von der Brandung immer wieder aufgewühlten Bestandteile der Miesmuschelbänke tagaus tagein herangefrachtet werden, organische Stoffe, die gerade die unverkennbare Eigenartigkeit des Schlicks unserer Nordseeküsten vervollständigen.

Ermittlungen, wie es sich damit an anderen Küsten verhält, sind mir nicht bekannt geworden. Typisch blauer Schlick erfüllt übrigens auch die Becken des australischen Mittelmeeres. Unter den ozeanischen Randfluren besitzen diesen schieferartigen Schlick größere Strecken zwischen den Galápagos-Inseln und Acapulco. Ob und wie in diesen fernen Weltteilen auch Sandwürmer oder eine der vielen Muschelarten bei der Schlickbildung in Frage kommen, ist mir nicht bekannt.

Bodé.



Erläuterungen der Tafeln.

Tafel I

- 1 Pinnularia major, Rabh.
- 2 „ viridis, Ebg.
- 3 Navicula vulpina, Katz.
- 4 Kieselnadel *
- 5 Epithemia zebra, Ktz.
- 6 Cymbella Gürtelseite
- 7 Pinnularia major linearis,
- 8 Diploneis smithii, W. Sm.
- 9 „ didyma
- 10 Grammatophora frisia
- 11 Diploneis interrupta, Cl.
- 12 Pinnularia lata
- 13 „ viridis
- 14 Navicula Hennedyi, W. Sm.
- 15 „ (Schale schräg liegend)
- 16 Raphoneis belgica, Grun.
- 17 Melosira
- 18 Amphitetras antediluvianum

Tafel II

- 19 Amphitetras antediluvianum, B
- 20 „ „ „ B
- 21 Auliscus sculptus, Ralfs.
- 22 Navicula Hennedyi, W. S.
- 23 Pinnularia major, beide Seiten
- 24 Biddulphia rhombus, Rabh.
- 25 Diatoma
- 26 Fragilaria Gürtelseite
- 27 Biddulphia pulchella, Gray
- 28 Raphoneis gemmifera, Ebg.
- 29 Biddulphia rhombus
- 30 Surirella

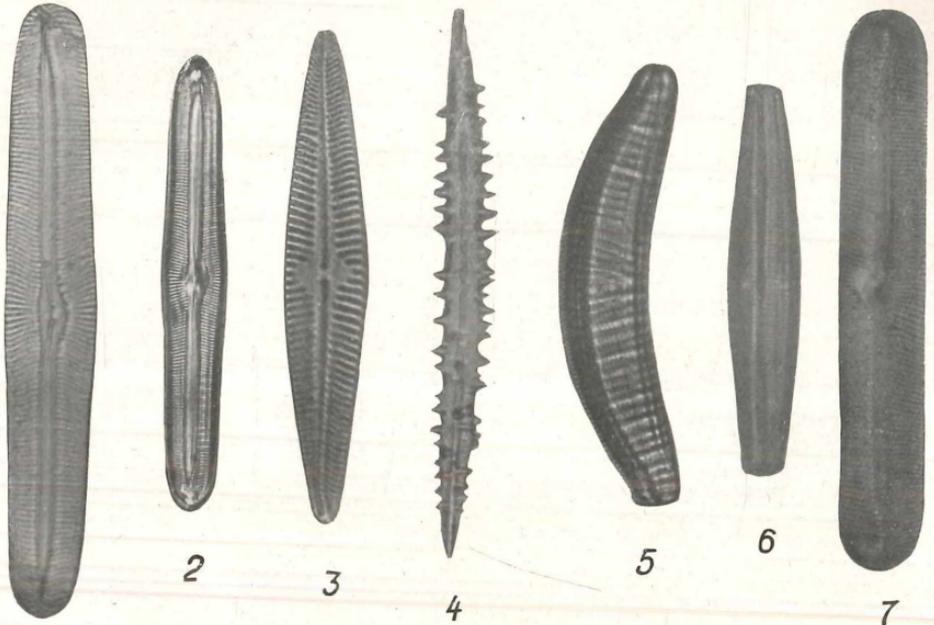
Tafel III

- 31 Eupodiscus argus, Ebg.
- 32 Actinocyclus Ehrenbergii
- 33 Actinoptychus splendeus, Ralfs.
- 34 Coscinodiscus
- 35 „
- 36 Actinoptychus splendeus, B
- 37 „ undulatus, E.
- 38 Coscinodiscus
- 39 „ oc. viridis
- 40 Hyalodiscus, B.
- 41 Campylo-discus clypeus, Ebg.
- 42 Eupodiscus argus, Ebg.
- 43 Actinoptychus
- 44 Campylo-discus noricus, G.

Tafel IV

- 45 Surirella striatula
- 46 Cymatopleura elliptica, W. S.
- 47 Surirella elegans
- 48 „ striatula
- 49 Triceratium favus, Ebg.
- 50 „ „ „
- 51 „ „ „
- 52 Navicula praetexta, E.
- 53 Surirella capronii, Brch.
- 54 „
- 55 „ biseriata, Brieb.

* Von Süßwasserschwämmen, die auch der Behandlung selbst in kochender Säure widerstanden hat.



1

2

3

4

5

6

7



8



9



10



11



12



13



14



15



16

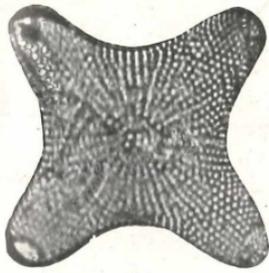


17

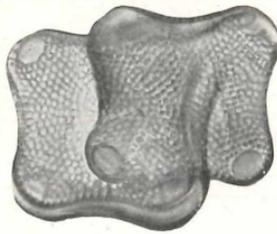


18

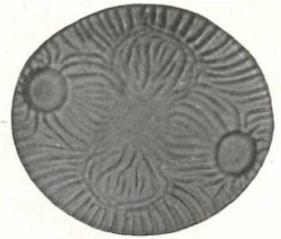
Tafel I



19



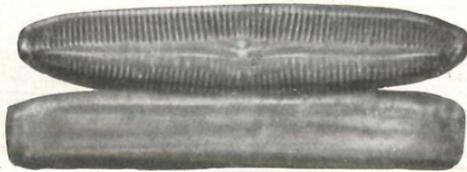
20



21



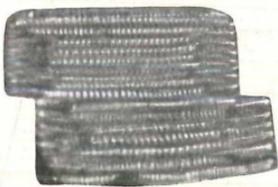
22



23



24



25



26



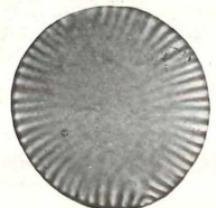
27



28



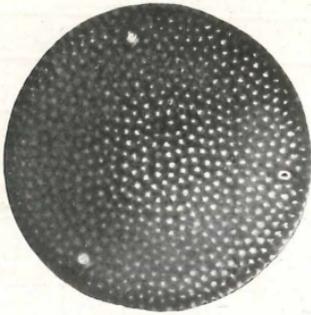
29



30

Tafel II

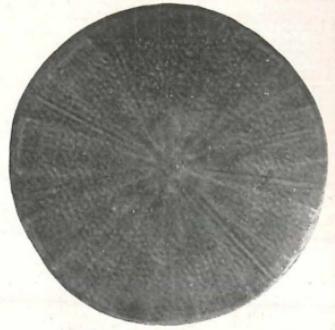
Mikrographiert von Claudius Bodé, Hannover.



31



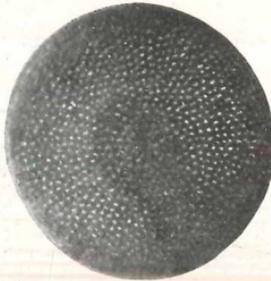
32



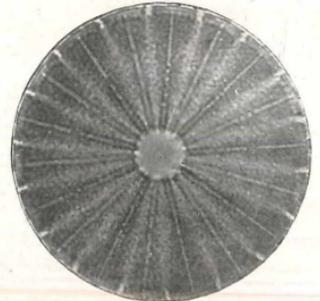
33



34



35



36



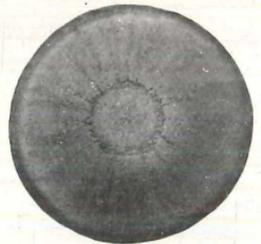
37



38



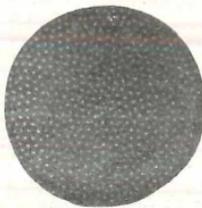
39



40



41



42



43



44

Tafel III

Mikrographiert von Claudius Bodé, Hannover.



45



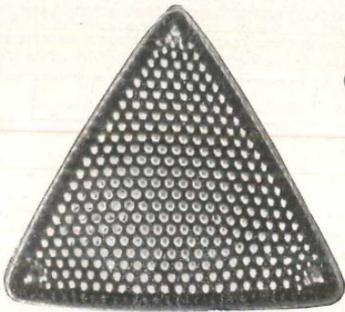
46



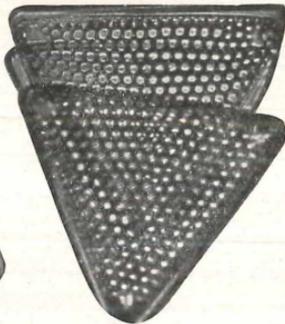
47



48



49



50



51



52



53



54



55

Tafel IV

Mikrophotographiert von Claudius Bodé, Hannover.