

vieren, wie der Bernstein, ein bekanntes vorzeitliches Beispiel (Abb. 36) dafür, beweist.

Bei den Wirbeltieren sind fast immer nur Teile des Innenskelettes oder gegebenenfalls des Außenpanzers erhalten. Meist sind es nur die widerstandsfähigen Knochenelemente, wie Oberarm- oder Oberschenkelknochen und Mittelhand- oder Fußknochen, Zähne (im besten Fall der ganze Unterkiefer), eventuell Wirbel und Rippen, die man mehr oder weniger isoliert finden kann. Sehr selten kommen ganze komplette Skelette vor. Hatte der Rest ein Außenskelett, so sind meist nur wenige Platten davon übrig. Ganz selten findet sich, wie z. B. in sandigen Ablagerungen, einmal ein fast vollständiger Schildkrötenpanzer, bei dem Rückenschild gemeinsam mit dem Brustpanzer noch seinen Zusammenhang bewahrt hat.

In Asphalt Sümpfen, wie sie in Amerika vorkommen und die als Tierfallen wirken, finden sich die tierischen Reste in vorzüglicher Erhaltung. Sogar Reste von Hautgewebe (Abb. 38), wie sie z. B. in der Braun-

kohle des Geiseltales (Deutschland) vorkommen, können noch die Struktur zeigen. Die Knochen von Vögeln, die luftgefüllt und daher weniger widerstandsfähig sind, haben besonders geringe Aussicht auf die fossile Erhaltung. Vogelfedern kommen als Abdrücke, aber auch im Bernstein vor und zeigen im letzten Fall eine ausgezeichnete Erhaltung.

Bemerkenswerterweise kennt man auch Gehirnausgüsse von verschiedenen Wirbeltieren. Bekannt sind die hervorragend erhaltenen Fischgehirne von Welsen aus den oligozänen Schichten von Fayum (Ägypten). Abgesehen von den natürlichen Gehirnausgüssen hat man auch die Möglichkeit, an einem vollständig erhaltenen fossilen Schädel einen Ausguß der Gehirnhöhle künstlich herzustellen.

Die vorstehenden Ausführungen lassen erkennen, wie reich das Material ist, welches nun zur wissenschaftlichen Auswertung vorliegt. Es bietet der Forschung die Möglichkeit, ein anschauliches Bild der Lebenswelt vergangener Erdperioden zu entwerfen.

## Pflanzen als Gesteinsbildner

Von Prof. Dr. Erwin Kamptner

Die Gesteine und lockeren Massen (die letzteren mögen der Einfachheit halber gleichfalls als Gesteine bezeichnet werden), aus denen die Rinde unseres Planeten zusammengesetzt ist, lassen sich in ihrer Gesamtheit in drei Hauptgruppen einteilen: Erstarrungsgesteine (Massengesteine) — metamorphe Gesteine — Absatzgesteine (Sedimente). Bei der Entstehung von Gesteinen der dritten Gruppe spielen neben den anorganischen Faktoren sehr häufig Lebewesen eine Rolle. In jenen Fällen, in denen diese Rolle eine ansehnliche und für das Gestein bezeichnende ist, spricht man von biogenen Sedimenten oder Biolithen. Die biogenen Komponenten eines derartigen Gesteins sind, was ihre Bildung und ihr Verhältnis zur Organismenwelt anlangt, hauptsächlich von zweierlei Art; sie sind entweder echte Skeletteile, oder es handelt sich um Hartsubstanzen, welche außerhalb des Organismus durch dessen Einwirkung entstanden sind. Im konkreten Fall lassen sich diese beiden Kategorien nicht immer scharf trennen.

Die gesteinsbildenden Lebewesen gehören teils dem Tierreich, teils dem Pflanzenreich an. Die folgenden Ausführungen sind dazu bestimmt, die pflanzlichen Gesteinsbildner und ihre Produkte zum Gegenstand einer kurzen Darstellung zu machen.

Jene Gesteine, für deren Entstehung die Tätigkeit pflanzlicher Organismen von wesentlicher Bedeutung ist, bezeichnet man als *Phytolithe*. Wenn wir die chemische Natur dieser Bildungen in den Vordergrund stellen, so haben wir hauptsächlich kalkige, kieselige und brennbare Phytolithe zu unterscheiden; bei den letztgenannten handelt es sich vorwiegend um Torf und Kohle.

Die Zahl der gesteinsbildenden Pflanzengruppen ist eine sehr ansehnliche; in unseren Darlegungen sollen nur die wichtigeren herausgegriffen werden. Sie gehören zu folgenden (im System R. von WETTSTEIN'S unterschiedenen) Pflanzenstämmen: Schizophyta — Monadophyta — Conjugatophyta — Bacillariophyta — Rhodophyta — Euthallo-



phyta — Cormophyta. Auch innerhalb der Myxophyta gibt es einzelne Formen, welche Hartsubstanzen abscheiden; doch sind sie petrographisch belanglos.

Unter den angeführten sieben Pflanzenstämmen bilden die Cormophyten (Sproßpflanzen) die organisatorisch am höchsten stehende Einheit; ihnen pflegt man herkömmlich die übrigen Stämme in ihrer Gesamtheit als Thallophyten gegenüberzustellen.

Nun wollen wir uns die gesteinsbildenden Pflanzengruppen einzeln vor Augen führen.

Die *Schizophyten* (Spaltpflanzen) sind relativ sehr niedrig organisiert; sie zerfallen in zwei Teilgruppen: die Spaltpilze und die Blaualgen.

Das Wirken der *Spaltpilze* (Bakterien) als Gesteinsbildner ist keineswegs gering zu veranschlagen. Allgemein bekannt sind die Schwefel- und die Eisenbakterien, zu denen noch die Kalkbakterien hinzutreten, die nach Ansicht mancher Forscher eine bedeutende Rolle beim Absatz von marinem Kalkschlamm spielen. Die Produkte, die auf die Tätigkeit all dieser Mikroorganismen zurückgeführt werden, begegnen uns nicht nur als Bildungen der geologischen Gegenwart, sondern sind uns auch in Gesteinschichten der Vorzeit überliefert.

Die Schwefelbakterien oxydieren Schwefelwasserstoff zu Wasser, wobei elementarer Schwefel übrigbleibt und in der Zelle als Reservestoff abgelagert wird. Viele Vorkommen von gediegenem Schwefel, beispielsweise in Sizilien, gehen wahrscheinlich auf das Wirken solcher Bakterien zurück.

Die Eisenbakterien haben Eisensalze zum Leben nötig. Sie entnehmen solche dem umgebenden Wasser und setzen das Eisen als Hydroxyd um die Zellen herum ab. Auf diese Weise erzeugen sie in Bächen, in Mooren und an Quellen, desgleichen in Bergwerken, rostfarbene Überzüge. Stellenweise findet man auch im Meer rostfarbene Konkretionen, und auf Conchylien ebenso gefärbte dünne Beläge, die wohl von Eisenbakterien verursacht sein mögen. Manche Forscher sind geneigt, den Eisenbakterien eine wichtige Rolle bei der Bildung der jurassischen Eisenoolithe (Minette) Lothringens zuzuschreiben. Übrigens soll auch die Abscheidung von Mangansulfid und die Entstehung mancher Kupfererze, wie des permischen Kupfer-

schiefers von Mansfeld in Thüringen, bakterieller Tätigkeit zu verdanken sein.

Für die Entstehung von marinem Kalkschlamm scheinen die Bakterien, die bekanntlich im Stoffhaushalt des Meeres die größte Bedeutung haben, einen ansehnlichen Faktor vorzustellen. In ungeheurer Menge bevölkern die Kalkbakterien die oberen Wasserschichten und durchsetzen auch den abgelagerten Kalkschlamm, dessen Mächtigkeit mehrere Meter betragen kann. Nicht nur im normal-salzigen Meer, sondern auch in Meeresteilen, in denen besondere Bedingungen herrschen, oder in sonstigen Wässern, sind sedimentbildende Bakterien tätig. So konnte man in den Mangrovewäldern, in den Limanen des Schwarzen Meeres, auch im Großen Salzsee von Utah, derartige Vorgänge beobachten, desgleichen in Süß- und Brackwässern, wo sich gelegentlich Kalknollen an der Oberfläche von Faulschlamm bilden.

Von der Bedeutung der Bakterien für die Bildung der Kohle und des Erdöls wird unten die Rede sein.

Als Erzeuger kalkiger, zuweilen auch kieselig-er Absätze sind ferner die *Blaualgen* (Cyanophyceen) von erheblicher Bedeutung. Die meisten Formen dieser Pflanzengruppe, vor allem die gesteinsbildenden, leben im Süßwasser, manche sogar an heißen Quellen.

Ein eigentliches Skelett existiert bei diesen Algen ebensowenig wie bei den Bakterien; vielmehr wird die feste Substanz durch chemische Vorgänge erzeugt, die sich außerhalb der Zelle abspielen, aber von dieser gelenkt werden. Dabei entstehen zum Teil Krusten, zum anderen Teil, soweit es sich um Kalksubstanz handelt, frei am Boden liegende, beiläufig kugelige Gebilde (z. B. die Schnegglisande des Bodensees).

Unter den vorzeitlichen Kalkgebilden, die man auf Blaualgen zurückzuführen pflegt, spielen zwei bestimmte Haupttypen, die Spongiostromen und die Porostromen, die bedeutendste Rolle. Die Spongiostromen lassen jegliche biogene Struktur vermissen, während die Porostromen feine Röhren enthalten. Da man namentlich bei den Spongiostromen außerstande ist, die Gestalt der eigentlichen Algenthallome zu erkennen, so ist man einzig auf das Studium der äußeren Formen jener kalkigen Abscheidungen angewiesen; man muß sich damit begnügen, die sehr mannigfaltigen Wuchsformen dieser



Gebilde in ein künstliches System zu ordnen. Die Blaualgen zählen zu den geologisch ältesten Organismen; die von ihnen erzeugten Spongiostromen herrschten innerhalb der cambrischen Kalkalgenflora weitaus vor und waren in präcambrischer Zeit überhaupt die einzigen wichtigen Kalkbildner.

Eine führende Stellung unter den marinen Kalkbildnern nehmen die zum Pflanzenstamm der Monadophyten gehörigen Kalkflagellaten (Coccolithophoriden, Coccolithineen) ein. Es sind dies autotrophe Kleinlebewesen von gelbbrauner bis gelbgrüner Farbe, ausgezeichnet durch den Besitz eines zierlichen Kalkgehäuses, das aus winzigen, je nach den systematischen Teilgruppen sehr verschieden gestalteten Bausteinen, den Coccolithen, aufgeführt erscheint. Ihrer geringen Größe halber lassen sich die Kalkflagellaten und ihre Skelettelemente nur mit den leistungsfähigsten optischen Hilfsmitteln untersuchen.

Das Gehäuse ist bei den meisten Formen kugelig oder ellipsoidisch. Die Coccolithen haben einen kreisrunden oder elliptischen Umriß und berühren einander an Randpunkten, können aber auch polygonal sein und sich pflasterartig dicht aneinanderschließen. Ihre bedeutende Formenfülle läßt eine Reihe von Grundtypen unterscheiden, von denen die nützenförmigen Calyptrolithen, die plättchen-, untertassen- oder napfförmigen Discolithen, die manschettenknopfartigen Placoli-

then, endlich die mit einer hohen, schlanken Aufragung versehene Rhabdolithen besonders häufig vertreten sind. Unter den zahlreichen Gattungen sind *Calyptosphaera*, *Pontosphaera*, *Syracosphaera*, *Cyclococcolithus*, *Coccolithus* und *Rhabdosphaera* durch große Artenmenge ausgezeichnet.

Die Lebensweise der Kalkflagellaten ist eine planktonische. Als Komponente des Nannoplanktons (Zwergplankton) sind sie in den warmen und gemäßigten Meeresgebieten weltweit verbreitet. Trotz ihrer geringen Dimensionen haben sie durch die große Menge, in der sie hauptsächlich die oberen, von der Sonne durchleuchteten Wasserschichten erfüllen, maßgebliche Bedeutung im Lebenshaushalt des Meeres. Neben den Diatomeen und den Dinoflagellaten (Peridinieen) zählen sie in den niederen und mittleren Breiten zu den drei Hauptgruppen des Phytoplanktons und liefern damit zu einem großen Teil die Ernährung für die marine Tierwelt. In Brack- und Süßwässern kommen wohl einige Formen vor, spielen aber daselbst keine bemerkenswerte Rolle.

Die Gehäuse der Kalkflagellaten sinken entweder nach dem normalen Absterben der Zellen oder eingebettet in die Fäkalballen planktonfressender Tiere in die Tiefe. Zumeist zerfallen sie auf dieser Reise in ihre Coccolithen, die sich, soweit sie nicht unterwegs aufgelöst werden, den Bodenablagerungen des Meeres beimengen. Daher findet man

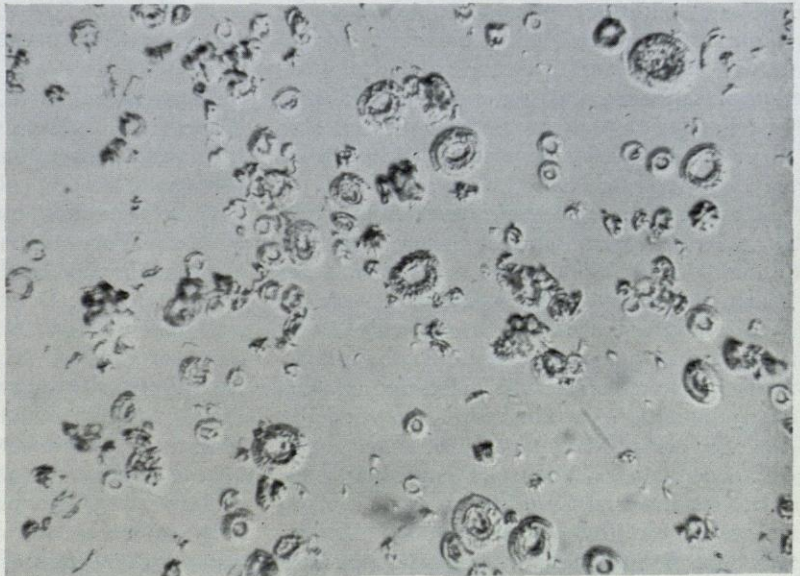


Abb. 41. Coccolithen aus Globigerinen-Schlamm des tropischen Pazifischen Ozeans. 15° 32' nördl. Br., 177° 32' westl. L. Meerestiefe: 4082 m. Geol. Alter: Oligocän. 600×



Coccolithen allenthalben in den kalkigen marinen Absätzen der warmen und warmgemäßigten Breiten, vor allem in ungeheurem Ausmaß und großem Formenreichtum im Globigerinenschlamm der Tiefsee (Abb. 41).

Kalkflagellaten-Skelettreste sind nicht nur aus der geologischen Jetztzeit, sondern auch aus Ablagerungen tertiären und vortertiären Alters bekannt. Schon im vorigen Jahrhundert wußte man, daß die Weiße Schreibkreide zu einem ansehnlichen Teil aus Coccolithen besteht. Innerhalb Österreichs zeigen gewisse tertiäre Absätze, beispielsweise der miocäne Badener Tegel, einen bemerkenswerten Gehalt an Kalkflagellaten-Hartteilen.

Eine Rolle, die jener der Coccolithen ähnelt, spielen in zahlreichen Sedimenten mariner Provenienz die *Discoasteriden*. Es sind dies sternartige Kalkgebilde, die sich in ihren Dimensionen nicht wesentlich von den Coccolithen unterscheiden. Stets kommen sie mit Coccolithen vergesellschaftet in den Sedimenten vor. Wahrscheinlich handelt es sich gleichfalls um die isolierten Bausteine der Gehäuse pflanzlicher Flagellaten.

Unter den marinen Monadophyten gibt es auch solche mit einem Skelett aus Kieselsubstanz; es sind dies die *Silicoflagellaten* (Kieselgeißler). Ihre Reste bilden eine fast nie fehlende Komponente kieseligter Meeresablagerungen der Gegenwart wie der Vorzeit. In quantitativer Hinsicht ist ihre Rolle allerdings eine bescheidene.

Von großer Bedeutung aber für die Entstehung kieseligter Ablagerungen ist der Pflanzenstamm der *Diatomeen* (Bacillariophyta). Diese Einzeller haben braune Chromatophoren und ein aus zwei Hälften bestehendes kieseliges Gehäuse, das eine überaus mannigfaltige und zierliche Ornamentierung aufweist.

Die Diatomeen bevölkern in einem riesigen Formenreichtum alle Meere, leben aber auch in Süß- und Brackwässern in ziemlicher Menge. Die marinen Formen finden sich besonders massenhaft in den polaren Gebieten. Sie leben entweder benthonisch oder planktonisch; im letzteren Fall können in den ontogenetischen Entwicklungskreis benthonische Dauerstadien eingeschaltet sein.

Die geologisch ältesten sicheren Diatomeenfunde stammen aus dem Lias. In tertiären und quartären Schichten, ebenso im Meereschlamm der Gegenwart, sind die winzigen

Algen in erstaunlicher Menge zu finden. Da die Gehäuse der Diatomeen, wenigstens der kräftigeren, gegen zerstörende Einflüsse sehr widerstandsfähig sind, häufen sich in manchen Meeresgebieten die planktonischen Formen nach ihrem Absinken zu ausgedehnten Lagern an. So sind in den hohen Breiten, namentlich im Umkreis des Antarktischen Kontinents, weite Flächen unterhalb einer Wassertiefe von 4000 m mit Diatomeenschlamm bedeckt. Aber auch im Binnenland, und zwar in flachen Seen und Mooren, werden Diatomeen sedimentiert, desgleichen an manchen heißen Quellen, wo sie Massen von einer Mächtigkeit, die nach Metern zählt, bilden können.

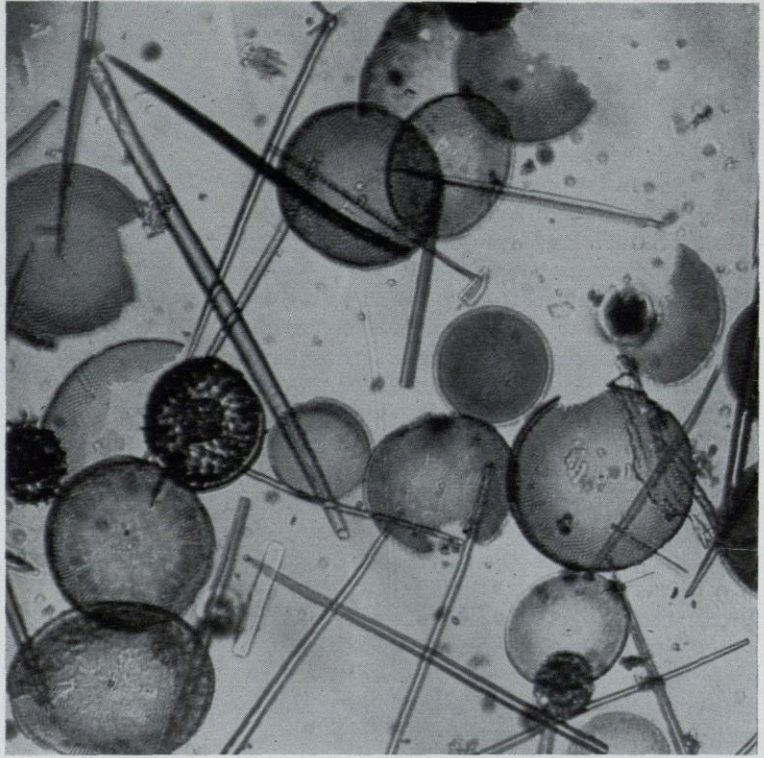
Diatomeenanhäufungen aus der Vorzeit (Abb. 42) finden sich als Ausfüllung beckenartiger Einsenkungen, nicht selten in Verbindung mit Torflagern; sie werden Kieselgur oder Diatomit genannt. Zuweilen sind in diesen Sedimenten die Gehäuse aufgelöst, und ihre Masse ist in eine opalartige Substanz umgewandelt. Süßwasserdiatomite kennt man beispielsweise vom Französischen Zentralplateau. Die meisten Lager Europas sind indes im Meer entstanden. Dies gilt auch für den in der Nähe von Wien befindlichen Diatomeenschiefer von Limberg. Diatomeenlager von großer Ausdehnung gibt es in Nordamerika, vor allem in den Staaten Nevada und Kalifornien. Sie sind auch dort zumeist mariner Abkunft. Stellenweise erreichen sie mehrere hundert Meter an Mächtigkeit. Manche Städte Kaliforniens, wie Monterey, sind größtenteils aus Diatomit aufgebaut.

Diatomeen finden sich auch reichlich in Tonen und Tuffen und haben offenbar auch an der Erzeugung mancher Kalkabsätze indirekten Anteil.

Den Diatomiten stehen in chemischer Hinsicht die Feuersteine nahe, wie sie sich vorwiegend in der Weißen Schreibkreide angereichert finden. Deren Kieselsubstanz ist ausschließlich biogen und leitet sich außer von gewissen Tieren (Kieselschwämme) hauptsächlich von Diatomeen und Silicoflagellaten her. Mineralisch handelt es sich um Chalcedon. Während in der Schreibkreide als solcher nur sehr dauerhafte Skelette niederer Lebewesen mehr oder weniger vollständig übriggeblieben sind, finden sich in den Feuersteinen gerade die vergänglichen Formen, wie Peridineen



Abb. 42. Diatomeen aus dem marinen Miocän von Maryland (USA). 350×



und andere Monadophyten, in ziemlicher Menge konserviert, desgleichen die problematischen, wahrscheinlich pflanzlichen Hystrichosphaeriden.

Die zu den Rotalgen (Rhodophyta) gehörigen kalkabscheidenden Formen verteilen sich auf mehrere Familien, von denen nur die Solenoporaceen und die Nulliporen (Corallinaceen) als eigentliche Gesteinsbildner zu bezeichnen sind. Solenoporaceen kennt man bereits aus ordovicischen Sedimenten. Im Oberjura erlebte die Familie, deren systematische Stellung keine ganz eindeutige ist, ihre maximale Entfaltung und zeigte sich sogar befähigt, echte Riffe aufzubauen. Im frühen Alttertiär begegnen wir den letzten Vertretern dieser heute ausgestorbenen Algengruppe.

Die Nulliporen, auch Steinalgen oder Korallenalgen genannt, sind sehr ansehnliche Kalkproduzenten der Gegenwart wie auch der jüngsten Vorzeit. Von vereinzelt Ausnahmen (zwei Arten im brackischen Sarmat) abgesehen, sind sie marin. Bei ihnen wird der Kalk, so wie bei den Solenoporaceen, innerhalb der Zellwände abgelagert, spielt also die Rolle einer rechten Skelettbildung.

Die meisten Nulliporen sind Krusten oder Knollen, an denen sich häufig verschieden gestaltete Auswüchse erheben und dem Algenstock ein höckeriges, strauchförmiges oder sogar blattartiges Aussehen verleihen. Als wichtigste Gattungen von solchem Bau sind zu nennen: *Archaeolithothamnium*, *Lithothamnium*, *Lithophyllum*, *Melobesia*. Regelmäßig gegliederte und verzweigte, biegsame, in Büscheln stehende Stämmchen zeigen die Genera *Corallina* und *Amphiroa*, die zwar verkalkt sind, aber keine nennenswerte Bedeutung als Gesteinsbildner besitzen.

Das stratigraphische Vorkommen von Nulliporen wurde im letzten Jahrzehnt auch aus dem oberen Carbon angegeben; aber erst in neozoischer Zeit entfaltete die Familie ihre große gesteinsbildende Tätigkeit.

Im heutigen Meer sind Nulliporenbänke weltweit verbreitet und finden sich sogar in polaren Gebieten. Auf Korallenriffen spielen Nulliporen neben gewissen Grünalgen eine erhebliche Rolle. Rezente Beispiele von Nulliporenbänken bieten die „Secche“ des Golfs von Neapel, vorzeitliche Beispiele das tertiäre Wiener Becken, wo in den Steinbrüchen von Loretto, Mannersdorf, St. Margareten, Mül-

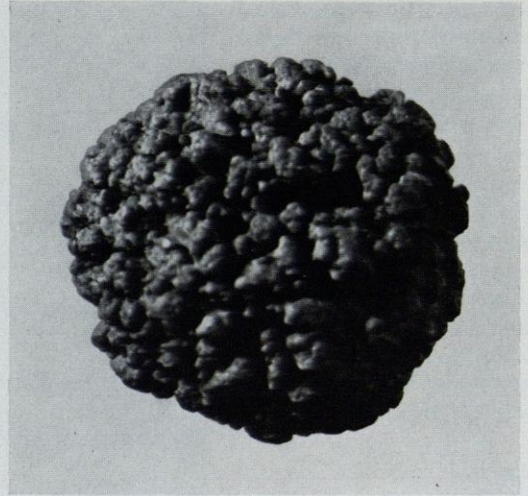


Abb. 43. Nulliporen-Knolle aus dem miocänen Leithakalk von Purbach am Neusiedler See. Natürliche Größe

lendorf, Wöllersdorf usw. miocäner Nulliporenkalk („Leithakalk“) als wertvoller Baustein gebrochen wird (Abb. 43). Als diese Kalke abgelagert wurden, herrschte dort offenbar ein Klima, wie es sich am ehesten mit jenem des heutigen Mittelländischen Meeres vergleichen läßt. Hier ist die Zone zwischen 20 und 60 m Wassertiefe die hauptsächlichliche Bildungsstätte für Nulliporenkalk.

Von den festsitzenden (benthonischen) Grünalgen (Chlorophyceen) sollen zuerst die Dasycladaceen (Wirtelalgen) besprochen werden, zumal sie zu den bedeutendsten Kalkbildnern der Vorzeit, vor allem der mittleren Trias, gehören.

Das Thallom der Dasycladaceen entbehrt fast gänzlich einer zellulären Fächerung. Seiner äußeren Gliederung nach besteht es aus einer axialen Stammzelle, die ringsum einfache oder verzweigte Seitenäste trägt. In einer Gallertmasse, die den freien Raum zwischen den Ästen erfüllt, wird Kalk ausgeschieden, wodurch ein von den Seitenästen durchsetzter Kalkmantel entsteht. Nach dem Absterben des Weichkörpers geben die vom Binnenraum nach der Peripherie ziehenden Hohlräume des Mantels in gewissem Ausmaß die Gestalt der Äste wieder.



Die Gesamtgestalt dieser Algen ist sehr mannigfaltig; sie kann stabförmig oder keulig sein, oder sie gleicht einer gestielten Kugel, einer Perlschnur oder einem Schirm. Die Größe der Individuen beträgt nur wenige Zentimeter. Bei den geologisch ältesten Typen sitzen die Seitenäste regellos an der Stammzelle; an den jüngeren ordnen sie sich zu stockwerkartig übereinanderfolgenden Wirteln.

Was die zeitliche Verbreitung der Dasycladaceen anbetrifft, so reicht die Familie bis in das Ordovicium zurück. In der Untertrias Europas fehlt sie gänzlich, weil die Lebensbedingungen auf unserem Kontinent zu damaliger Zeit für Kalkalgen zu ungünstig waren. Aber in der mittleren (alpinen) Trias bestehen manche Gesteine großenteils, stellenweise sogar zur Gänze, aus Dasycladaceenresten. Die wichtigsten dieser Gesteine sind: Sarldolomit — Schlerndolomit — Wettersteinkalk (Abb. 44). Als besonders auffällige und geologisch bemerkenswerte Dasycladaceenarten sind zu nennen: *Physoporella pauciforata*, *Diploporella philosophi*, *D. annulata*, *Teutloporella hercules*.

Die Dasycladaceen der Gegenwart wie der Vorzeit sind ausschließlich marin. Im heutigen Meer erstreckt sich ihr bathymetrisches Vorkommen bis nahe an 100 m Tiefe. Zur



Abb. 44. *Diploporella annulata* Schafh. aus dem Wettersteinkalk (Ladinische Stufe der Alpinen Trias). Schütterberg bei Grünau im Almtal, O.-Ö. Ausgewitterte Querschnitte der Alge. Natürliche Größe



Zeit der mittleren Trias dürfte die Wassertiefe, bis zu der sich Dasycladaceengesteine bilden konnten, etwa der Hälfte des angeführten Betrages entsprochen haben. Die rezenten Angehörigen der Familie leben in ihrer überwiegenden Mehrzahl in den Tropen; daher mag auch das Meer der mittleren Trias ein ziemlich warmes gewesen sein. Von der Obertrias an gingen die Wirtelalgen an Formenreichtum wie an Individuenmenge mehr und mehr zurück, erlebten aber im Alttertiär einen neuerlichen Aufschwung. Heute spielt die Familie nur mehr eine untergeordnete Rolle.

Mit den Dasycladaceen nahe verwandte und gleichfalls rein marine Grünalgen sind die *Codiaceen* (*Schlauchalgen*). Auch bei diesen fehlt eine zelluläre Fächerung des Thalloms, das vielmehr aus zahlreichen, regellos miteinander verflochtenen Schläuchen aufgebaut erscheint. Nur wenige Gattungen sind Sedimentbildner von einiger Bedeutung, vor allem *Halimeda* auf Korallenriffen. Auch die Codiaceen reichen stratigraphisch bis in das Altpaläozoikum zurück.

Eine ungleich geringere Rolle als im Meer spielt biogene Kalkbildung im Süßwasser. In diesem Medium stehen als Kalkbildner die *Charales* (Gattungen *Chara* und *Nitella*) an erster Stelle. Es handelt sich bei diesen Grünalgen um ziemlich hoch organisierte Gewächse, die in ihrer äußeren Erscheinung einige Ähnlichkeit mit einem Schachtelhalm aufweisen. Das den Codiaceen nahestehende Genus *Vaucheria* gehört gleichfalls zu den kalkabscheidenden Grünalgen.

Kalkausscheidungen lockerer Art, wie sie in Süßwässern vorkommen und als Tuffe bezeichnet werden, sind zum Teil auf Algen, zum Teil auf Cormophyten zurückzuführen. So wird an Quellen der Kalkgebirge von seiten mancher Moose Kalk abgesetzt. Ferner erzeugen verschiedene wasserlebende Blütenpflanzen dünne Kalkkrusten an der Oberfläche der untergetauchten Blätter. Diese Krusten sinken dann zu Boden, und ihr zerfallenes Material vermischt sich mit dem von Algen und Charalen erzeugten Kalk zu einem feinen Schlamm (Seekreide).

Unter den Bodenschätzen, die ganz oder zum Teil auf der Pflanzenwelt beruhen, besitzen ohne Zweifel die Kohle und das Erdöl die größte praktische Bedeutung. Ausgangs-

material für die Bildung der Kohle war die Vegetation von Niedermooren. Die Gerüstbestandteile der Moorpflanzen unterlagen einem Umwandlungsprozeß, den man als Inkohlung bezeichnet. Nach dem Grad der Inkohlung unterscheidet man mehrere Hauptsorten von Kohle: Braunkohle — Steinkohle — Anthracit. Diese sind durch alle Übergänge verknüpft und leiten sich ihrer Herkunft nach vom Torf der Niedermoore ab, und zwar in der Regel solcher der tropischen und subtropischen Breiten.

Niedermoore entstehen durch Verlandung seichter Süßwasserseen. Am Grunde des Moores werden die abgestorbenen Teile krautiger Wasserpflanzen zu Faulschlamm (*Sapropel*). Darüber liegt der von Holzresten und nicht selten von aufrechten Baumstämmen durchsetzte Waldtorf. Wenn der Grundwasserspiegel steigt, wird das Pflanzenmaterial gegen den Zutritt der Luft abgeschlossen. Die Verwesung der Pflanzenteile wird dadurch unterbunden, und es kommt zu einer Ansammlung von Material und zur Bildung eines Torflagers. Ein solches Lager konnte eine besondere Mächtigkeit erlangen, wenn es sich auf andauernd sinkendem Boden bildete. Erfolgt die Bodensenkungen ruckweise, so war damit ein plötzliches Ansteigen des Grundwassers verbunden und der Wald mußte ertrinken. Die über den Wasserspiegel ragenden Teile der Stämme waren dann der Vermoderung preisgegeben, sodaß nur die Baumstümpfe erhalten blieben.

Früher war man geneigt anzunehmen, daß das Pflanzenmaterial, aus dem die Kohlenlager hervorgegangen sind, von fern her zusammengeschwemmt worden sei (Lehre von der Allochthonie). Heute bekennt man sich jedoch allgemein zu der Auffassung, daß die Pflanzen fast aller Kohlenflöze als autochthon, an Ort und Stelle gewachsen, zu gelten haben.

Bildung von Kohle erfolgte zu allen geologischen Zeitabschnitten. Aber die größten und für den Menschen wichtigsten Lager stammen aus der Zeit des Carbons und des älteren Tertiärs.

Für die carbonischen Steinkohlenlager sind folgende Pflanzen besonders kennzeichnend: Farne, Calamiten, Lepidodendren (Abb. 45), Sigillarien (Abb. 46), Pteridospermen, Cordaiten. Es handelt sich durchwegs um Gewächse, die an die klimatischen Bedingungen des tropischen Sumpfwaldes angepaßt



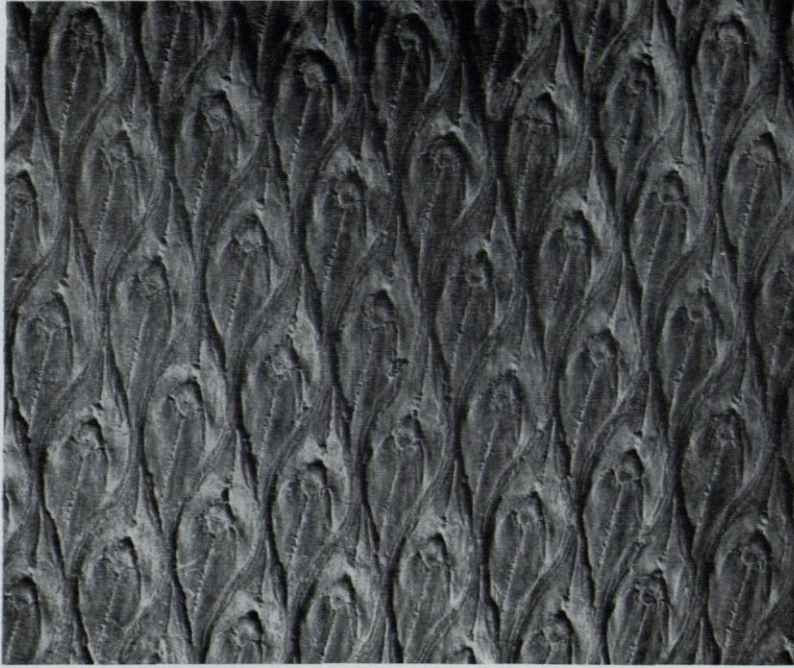


Abb. 45. *Lepidodendron aculeatum* Sternb. Partie der Stammoberfläche. Blattpolster in Schraubenlinien angeordnet. Obercarbon. Natürliche Größe

waren. Gleichfalls ein warmes Klima herrschte bei uns in der älteren Tertiärzeit, aus der uns die Braunkohlen hinterblieben sind. Für diese Zeit sind Coniferen (*Taxodium*, *Sequoia*) charakteristisch. An den carbonischen Steinkohlenflözen finden sich die Pflanzenreste in den Nebengesteinen, und besonders trefflich in den „Torfdolomiten“, konserviert. In den tertiären Braunkohlenflözen, die man mit einiger Berechtigung als fossile Torflager ansprechen kann, sind Hölzer als „Xylite“ strukturbietend erhalten.

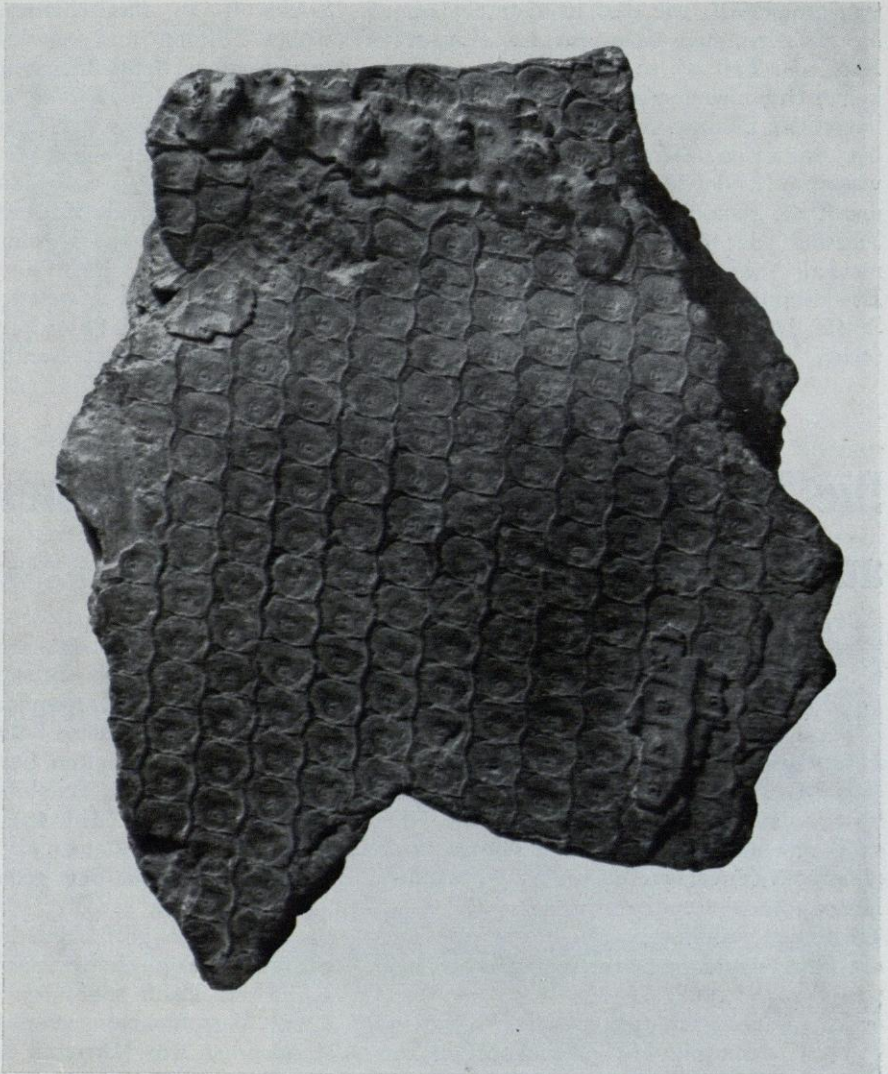
Bei der Inkohlung wurde zunächst unter Mitwirkung von Bakterien die Cellulose abgebaut und das Lignin zu Huminsäure umgewandelt. Dabei nahm im Material der Gehalt an Sauerstoff und Wasserstoff mehr und mehr ab, während Kohlenstoff relativ angereichert wurde. Im weiteren Verlauf der chemischen Umsetzungen ging die Huminsäure in die kolloidalen Humine über, und die Substanz wurde ärmer an flüchtigen Bestandteilen und Wasser. Ihre Dichte und ihre Härte nahmen zu; das Volumen wurde entsprechend kleiner. Im ganzen bestand die Inkohlung, vor allem auf den späteren Stufen, in einer zunehmenden Aromatisierung des chemischen Stoffkomplexes unter allmählicher Ausmerzungen der aliphatischen Moleküle. Der kolloidale Zustand ging nach und nach in

einen halbkristallinen über, indem sich die aromatischen Molekülgruppen dem hexagonalen Kristallgitter des Graphits annäherten, eines Minerals, das auch in manchen carbonischen Lagerstätten der Alpen in Erscheinung tritt. Bei diesen Vorgängen wurden einfache Abbauprodukte, wie Kohlendioxyd, Methan (Schlagende Wetter!), Schwefelwasserstoff und Wasser, in Gasform abgeschieden. Als physikalische Faktoren, die geeignet waren, die Inkohlung voranzutreiben, sind in erster Linie höhere Temperatur und höherer Druck zu nennen. Beide kamen zur Geltung, wenn ein Flöz in größere Tiefe verlagert wurde, wie dies bei Gebirgsfaltung vorkommen konnte. So verdanken die carbonischen Kohlenlager Europas einem besonderen tektonischen Ereignis, der variskischen Gebirgsfaltung, ihre Entstehung, während die im Bereich der Alpen gelegenen alttertiären Lager ihren heutigen Zustand durch die alpine Faltung erhalten haben.

Der Prozeß des Reifens erscheint also bei den einzelnen uns vorliegenden Kohlenarten verschieden weit vorgeschritten, sodaß diese eine lückenlose Reihe bilden, die vom Torf bis zum Anthracit reicht, also bis zu jenem Stadium, das den höchsten Gehalt an Kohlenstoff mit dem geringsten Gehalt an flüchtigen Stoffen und Feuchtigkeit verbindet.



Abb. 46. *Sigillaria tessellata* Brongn.  
Partieder Stamm-  
oberfläche. Blatt-  
polster in senk-  
rechten Reihen.  
Obercarbon. 0,8 ×



Zu den brennbaren Gesteinen sind auch die Liptobiolithe zu zählen. Es sind dies Harze, Wachs und andere widerstandsfähige Stoffe, die nach dem Verwesen der Pflanzenmasse als Rückstand übriggeblieben sind. So findet sich Kautschuk als „Affenhaar“ in der Braunkohle erhalten. Besonders wichtig ist aber unter diesen Stoffen der Bernstein, ein von Nadelbäumen abgesondertes Harz, das sich massenhaft in der alttertiären Blauen Erde des Samlandes angereichert findet. Der Bernstein enthält unzählige pflanzliche und tierische Einschlüsse, deren organische Substanz allerdings fast ganz geschwunden ist, sodaß es nur Hohlräume sind, welche die Gestalt der Einschlüsse wiedergeben.

Zuletzt sei hier des Erdöls gedacht, das man als Gestein von flüssigem Aggregatzustand bezeichnen kann. Seine Herkunft leitet es wie die Kohle schließlich von Lebewesen ab, jedoch nicht von solchen des festen Landes, sondern von marinem Plankton. Dieses besteht aus tierischen wie auch pflanzlichen Komponenten. Die absterbenden Schweborganismen sinken in einem ununterbrochenen Regen zum Boden ab und liefern durch ihre Anhäufung die chemischen Ausgangsstoffe für die Bildung des Erdöls. Sie bestehen aus Kohlehydraten, Fetten und Proteinen und enthalten daher reichlich Sauerstoff und Stickstoff. Ist die tief unten über dem Boden lagernde Wassermasse frei



von Sauerstoff, wie dies in abgeschlossenen Meeresteilen, beispielsweise im Schwarzen Meer, der Fall ist, so verwesen die abgesunkenen Organismenreste nicht, sondern unterliegen der Fäulnis unter Mitwirkung anaerober Bakterien. Dadurch entsteht Schwefelwasserstoff, der das Wasser vergiftet und damit die Existenz einer bodenbewohnenden Tierwelt, der die anfallenden Organismenreste als Nahrung dienen würden, ausschaltet. Es kommt zur Anreicherung organischer Stoffe. Diese werden weiters durch die Bakterien unter Entzug von Sauerstoff und

Stickstoff zu Faulschlamm umgewandelt, wobei Formen und Strukturen völlig zugrunde gehen. Schließlich resultieren die Kohlenwasserstoffe des Erdöls, die das anorganische Sediment, das sich gleichzeitig mit den Organismenresten abgesetzt hat, durchtränken. Vorzeitliche Faulschlammgesteine sind es daher, die man als Muttergesteine des Erdöls anzusehen hat. Daß ein Teil des Planktons, aus dem das Erdöl hervorgegangen ist, pflanzlicher Natur gewesen sein muß, zeigt sich darin, daß sich Chlorophyllderivate (Porphyrine) im Öl nachweisen lassen.

## Die Trilobiten – eine vor 200 Millionen Jahren ausgestorbene Tiergruppe

Von Dr. Friedrich Bachmayer

Seit vielen Jahrmillionen ist unsere Erde von Pflanzen und Tieren bewohnt, und im Laufe dieser langen Zeit ist das Bild der Lebenswelt einer fortlaufenden Wandlung unterworfen gewesen. Das Leben hat sich schließlich zu einer unübersehbaren Formenfülle entwickelt. Viele merkwürdige Tiergruppen sind entstanden, viele davon wieder erloschen. Eine von diesen ausgestorbenen Lebensformen ist die Gruppe der Trilobiten. Wir finden von ihnen nur mehr die versteinerten Reste, und nur schwer gelingt es uns, einen Einblick in die Lebensweise dieser uralten Erdbewohner zu erhalten. Wir stehen hier vor einer fremdartigen, längst dahingegangenen Welt.

Die Trilobiten waren Bewohner des Meeres und lebten vor schon mehr als 500 Millionen Jahren. Bei den meisten von ihnen war die Körpergröße eine geringe, die Länge reichte von wenigen Millimetern bis zu 75 cm. Werfen wir einen Blick auf die Gestalt dieser Tiere (Abb. 47), so fällt uns sofort eine fast immer deutliche Dreigliederung des Körpers auf. Deshalb wurden diese Tiere auch Trilobiten (Dreilapperkrebse) genannt. Diese Dreigliederung ist sowohl in der Längsrichtung ausgeprägt und läßt Kopf (Cephalon), Rumpf (Thorax) und Schwanzteil (Pygidium) unterscheiden, aber auch in der Querrichtung ist eine solche Dreiteilung vorhanden; es befindet sich in der Mitte eine gewölbte, mediane

Achse, die sich einerseits gegen vorn in der sogenannten Glabella fortsetzt und andererseits bis in die Schwanzspitze reicht. Zu beiden Seiten dieser Achse befinden sich flache Lappen, die als Pleuren bezeichnet werden.

Bei den ältesten Trilobitenformen, z. B. *Paradoxides*-Arten (Abb. 48), ist der Schwanzschild wesentlich kleiner als der Kopfschild; hingegen sind bei den geologisch jüngeren Trilobiten, wie z. B. *Dalmanitina*, beide Schilder gleich groß. Man hat erkannt, daß sowohl der Kopfschild wie auch der Schwanzschild im Laufe der Stammesentwicklung durch Verschmelzung von Segmenten entstanden ist. Im Mittelteil des Kopfschildes befindet sich die schon erwähnte Glabella (Abb. 47). Sie hat zuweilen kräftige Furchen, wie bei *Dalmanitina*, oder die Furchen sind nur angedeutet. Diese Furchen entsprechen den Grenzen der verschmolzenen Körpersegmente.

Von besonderer Wichtigkeit für die Kenntnis der verwandtschaftlichen Beziehungen der verschiedenen Trilobitengruppen ist die Beschaffenheit der sogenannten Gesichtsnaht (Abb. 47). Diese kann einen verschiedenen Verlauf haben. Bei einigen Formen zieht sie quer über den Kopfschild zu dessen Hinterend. Dann wieder gibt es Gattungen, bei denen die Naht zur hinteren Ecke oder zum Seitenrand führt. Hin und wieder kann sie auch auf der Unterseite des Kopfschildes



# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Veröffentlichungen aus dem \(des\) Naturhistorischen Museum\(s\)](#)

Jahr/Year: 1964

Band/Volume: [NF\\_005](#)

Autor(en)/Author(s): Kamptner Erwin

Artikel/Article: [Pflanzen als Gesteinsbildner. 39-48](#)