

Pflanzen als Gesteinsbildner

Von Prof. Dr. Erwin Kamptner

Die Gesteine und lockeren Massen (die letzteren mögen hier 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 (Metamorphite) — 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 Skelette und Teile solcher, 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. Zweifellos hat die Tierwelt eine große Bedeutung für die Gestaltung der Erdoberfläche. Allenthalben ist der Boden des Weltmeeres bedeckt mit den abgesunkenen Skeletten tierischen Planktons. Manche der hierher gehörigen Formengruppen sind jeweils bezeichnend für gewisse ausgedehnte Bereiche des ozeanischen Tiefenschlammes. Dazu kommen jene Kalkmassen, welche auf die Tätigkeit riffbildender Korallen zurückzuführen sind. Aber eine vergleichende Betrachtung lehrt, daß alle diese Vorkommen, ungeachtet ihres quantitativen Ausmaßes, eine ziemlich beschränkte Zahl von Fällen umfassen. Bei den Pflanzen indes liegen die Umstände umgekehrt, denn es gibt auf dem Gebiet der biogenen Sedimentbildung nur wenige Fälle, an denen das Pflanzenreich keinerlei Anteil hat.

Die folgenden Ausführungen stellen sich die Aufgabe, die pflanzlichen Gesteinsbildner für sich allein in gedrängter Übersicht darzustellen.

Jene Gesteine, für deren Entstehung die Tätigkeit pflanzlicher Organismen von we-

sentlicher 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, den Kaustobiolithen, 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 — Euthallophyta — 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.

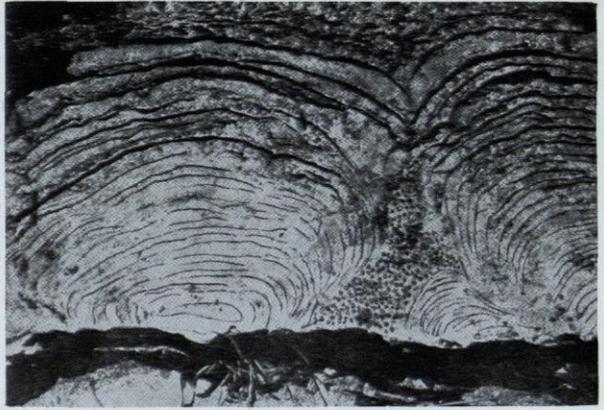
Nun wollen wir uns die gesteinsbildenden Pflanzengruppen einzeln vor Augen führen.

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 Gesteinsschichten 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, beispiels-

Abb. 43. *Cryptozoon* (*Schizophyceae*). Oberkambrium von Maryland (USA). Auf ein Fünftel verkleinert)



weise 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 an 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 Eisenooolithe (Minnette) Lothringens zuzuschreiben. Übrigens soll auch die Abscheidung von Mangansulfid und die Entstehung mancher Kupfererze, wie des permischen Kupferschiefers von Mansfeld in Thüringen, bakterieller Tätigkeit zu verdanken sein.

Für die Entstehung von marinem Kalkschlamm scheinen die Bakterien, die bekanntlich für den Stoffhaushalt des Meeres die größte Bedeutung haben, einen beachtenswerten Faktor vorzustellen. In ungeheurer Menge bevölkern die Kalkbakterien in manchen tropischen Meeresgebieten geringer Tiefe die oberen Wasserschichten und durchsetzen auch den abgelagerten Kalkschlamm, dessen Mächtigkeit mehrere Meter betragen kann. Nicht nur im normalsalzigen Meer, sondern auch in Meeresteilen, in denen einseitige Bedingungen herrschen, sind sedimentbildende Bakterien tätig. So konnte man in den Mangrove-Wäldern, in den Limanen des Schwarzen Meeres, auch im Großen Salzsee von Utah, derartige Vorgänge beobachten, desgleichen

in Süß- und Brackwässern, wo sich gelegentlich Kalkknollen an der Oberfläche von Faulschlamm bilden.

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

Als Erzeuger kalkiger, zuweilen auch kieseliger Absätze sind ferner die Blaualgen (*Cyanophyceen*, *Schizophyceen*) 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 Algenhallome 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.

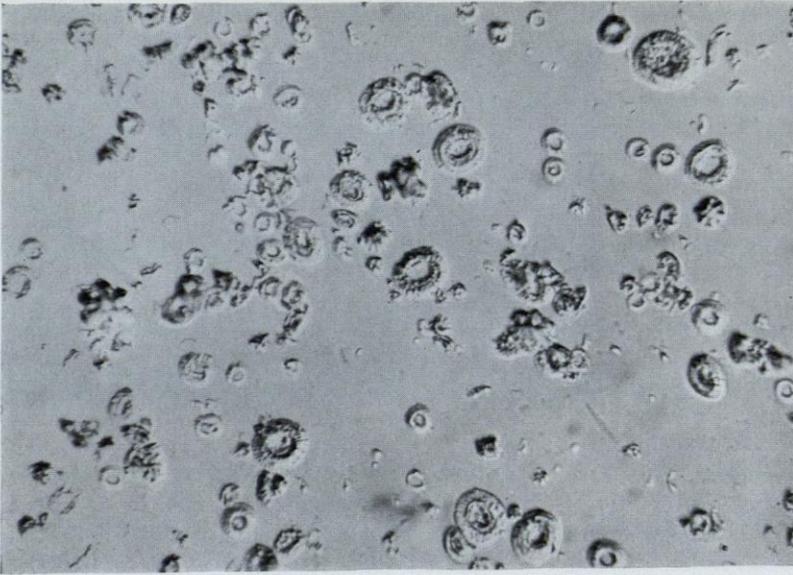


Abb. 44. Coccolithen aus Globigerinen-Schlamm des tropischen Pazifischen Ozeans. 15° 32' nördl. Br., 177° 32' westl. L. Meerestiefe: 4082 m. Geol. Alter der Schlammschichte: Oligocän. 600 ×

Die Blaualgen zählen zu den geologisch ältesten Organismen. Die von ihnen erzeugten Spongiostromen sind für die Absätze des älteren Paläozoikums sehr bezeichnend (Abb. 43). Innerhalb der cambrischen Kalkalgenflora herrschten sie 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 ein. Unter diesen hat man zwei große Teilgruppen zu unterscheiden: die Coccolithineen (Coccolithophoriden) und die Discoasterineen (Discoasteriden).

Die Coccolithineen sind 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 im weiteren Sinn, aufgeführt erscheint. Ihrer geringen Größe halber lassen sich diese Organismen, insbesondere ihre Skelettelemente, nur mit den leistungsfähigsten optischen Hilfsmitteln untersuchen.

Das Gehäuse ist bei den meisten Formen kugelig bis 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 Formenfülle läßt eine Reihe von Grundtypen unterscheiden, von denen die müthenförmigen Calyptrolithen, die plättchen-, untertassen- oder napfförmigen Discolithen, die manschettenknopfartigen Placolithen, endlich die mit einer hohen, schlanken Aufragung versehenen Rhabdolithen besonders häufig vertreten sind. Unter den zahlreichen Gattungen sind *Calyptosphaera*, *Pontosphaera*, *Syracosphaera*, *Cyclococcolithus*, *Coccolithus* und *Rhabdosphaera* durch bedeutenden Artenreichtum ausgezeichnet.

Die Lebensweise der Coccolithineen ist eine planktonische. Als Komponente des Nannoplanktons (Zwergplankton) sind sie in den warmen und temperierten Meeresgebieten weltweit verbreitet. Trotz ihrer geringen Dimensionen haben sie durch die große Menge, in der sie die oberen, von der Sonne durchleuchteten Wasserschichten erfüllen, maßgebliche Bedeutung im Lebenshaushalt des Meeres. Neben den Diatomeen und den Dinoflagellaten (Peridineen) 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 Coccolithineen sinken entweder nach dem normalen Absterben der

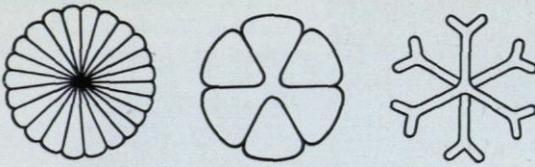


Abb. 45. *Discoasteroidea*. Drei verschiedene Spezies des Genus *Discoaster*. 2000 ×

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 Coccolithen wie auch ganze Gehäuse allenthalben in den kalkigen marinen Absätzen der warmen und warm-gemäßigten Breiten, vor allem in ungeheurer Quantität und großem Formenreichtum im Globigerinenschlamm der Tiefsee (Abb. 44).

Coccolithineen-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 Schreibe zu einem ansehnlichen Teil aus solchen Resten besteht. Innerhalb Österreichs zeigen gewisse tertiäre Absätze mariner Abkunft, beispielsweise der miocäne Badener Tegel, einen bemerkenswerten Gehalt an Coccolithineen-Hartteilen.

Die Angehörigen der zweiten Hauptgruppe der Kalkflagellaten, die *Discoasterineen*, spielen in zahlreichen Sedimenten mariner Provenienz eine Rolle, die jener der Coccolithineen ähnlich ist. Es sind dies stern- und rosettenförmige Kalkgebilde, die sich in ihren Dimensionen nicht wesentlich von den Coccolithen unterscheiden (Abb. 45). Stets kommen sie mit Coccolithen vergesellschaftet in Sedimenten der Gegenwart wie auch jüngeren geologischen Alters vor. Es handelt sich wohl gleichfalls um die isolierten Bausteine der Gehäuse pflanzlicher Flagellaten, und vereinzelte Funde aus dem Meer der Gegenwart scheinen dies zu bestätigen.

Unter den marinen Monadophyten gibt es auch solche mit einem Skelett aus Kieselsubstanz; es sind dies die *Silicoflagellaten* (Kieselgeißler). Deren Skelett besteht aus einem System zusammenhängender hohler Stäbe (Abb. 46). Man kennt diese Organismen

aus dem Meer der Gegenwart, und ihre Reste bilden eine fast nie fehlende Komponente kieseliger Meeresablagerungen jüngsten Alters wie auch des Tertiärs und der oberen Kreide. In quantitativer Hinsicht ist ihre Rolle eine bescheidene.

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

Die Diatomeen bevölkern in riesiger Formenfülle das gesamte Weltmeer und treten besonders massenhaft in den polaren Gebieten auf. Auch in Süß- und Brackwässern kommen sie in ziemlicher Menge vor. Sie leben sowohl planktonisch wie benthonisch; bei den planktonischen Formen können benthonische Ruhestadien in den ontogenetischen Entwicklungskreis eingeschaltet sein.

Die geologisch ältesten sicheren Diatomeenfunde stammen aus dem Lias. In tertiären und pliocänen Schichten, ebenso im marinen Schlamm der Gegenwart, sind die winzigen Kieselpanzer in erstaunlicher Menge zu finden. Da die Gehäuse der Diatomeen, wenigstens der kräftigeren, gegen zerstörende Einflüsse sehr widerstandsfähig sind, häufen sich die planktonischen Formen nach ihrem Absterben und Absinken in manchen Meeresgebieten 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

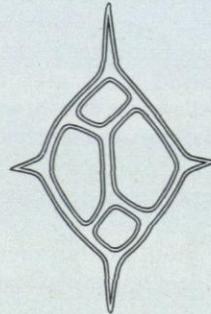


Abb. 46. *Dictyocha fibula* Ehrbg. (*Silicoflag.*). 500 ×

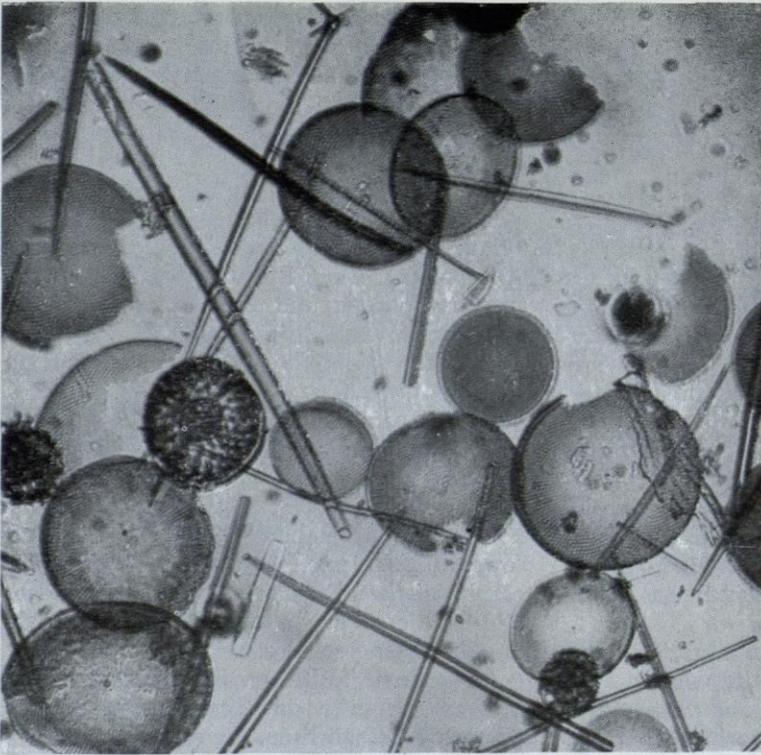


Abb. 47. Diatomeen aus dem marinen Miocän von Maryland (USA). 350×

sedimentiert, desgleichen an manchen heißen Quellen, wo sie Massen von einer Mächtigkeit, die nach Metern zählt, bilden können.

Diatomeen-Anhäufungen aus der Vorzeit (Abb. 47) 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 Diatomieschiefer von Limberg*). Diatomeenlager von großer Ausdehnung gibt es in Nordamerika, vor allem in den Staaten Nevada und Californien. Sie sind auch dort zumeist mariner Abkunft. Stellenweise erreichen sie mehrere hundert Meter an Mächtigkeit und gewinnen praktische Bedeutung für den Menschen. Manche Städte Californiens, wie Monterey, sind größtenteils aus Diatomit aufgebaut.

*) Mittel-Miocän.

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

Den Diatomeen 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 mancherlei zarte und vergängliche Formen abgebildet, wie Peridineen und andere Monadophyten, desgleichen die problematischen, wie es scheint größtenteils pflanzlichen Hystrichosphaeriden.

Die zu den Rotalgen (Rhodophyta) gerechneten kalkabscheidenden Formen verteilen sich auf mehrere Familien, von denen nur die Solenoporaen und die Corallinaceen (Nulliporen) als eigentliche Gesteinsbildner zu

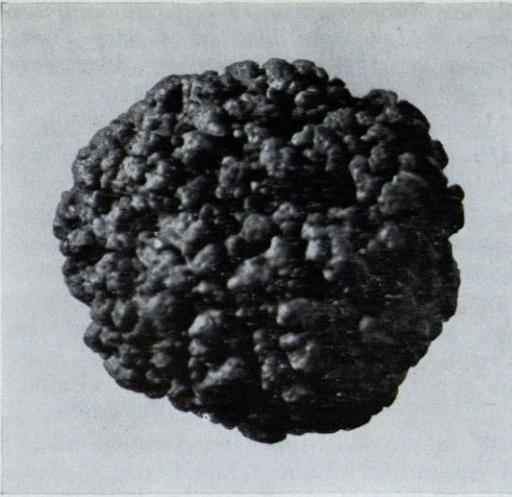


Abb. 48. Nulliporen-Knolle aus dem miocänen Leithakalk von Purbach am Neusiedler See. Natürliche Größe

bezeichnen sind. Solenoporaceen kennt man bereits aus ordovicischen Sedimenten. In oberjurassischer Zeit erlebte die Familie, deren systematische Zugehörigkeit zum Pflanzenreich keineswegs unbestritten ist, ihre maximale Entfaltung und zeigte sich sogar befähigt, echte Riffe aufzubauen. Im frühen Alttertiär begegnen wir den letzten Vertretern dieser heute ausgestorbenen Organismengruppe.

Die Nulliporen, auch Steinalgen oder Korallenalgen genannt, sind sehr ansehnliche Kalkproduzenten der Gegenwart wie auch der jüngeren 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 abgeschieden, spielt also die Rolle einer echten 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* (Abb. 49), *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 vor wenigen Jahren auch aus dem oberen Carbon angegeben. Auf alle Fälle aber entfaltete die Familie erst in neozoischer Zeit ihre große gesteinsbildende Aktivität.

Im heutigen Meer sind Nulliporenbanken weltweit verbreitet und finden sich sogar in polaren Gebieten. Auf Korallenriffen spielen Nulliporen neben gewissen Grünalgen eine erhebliche Rolle. Rezente Beispiele von Nulliporenbanken bieten die „Secche“ des Golfs von Neapel, vorzeitliche Beispiele das tertiäre Wiener Becken, wo in den Steinbrüchen von Mannersdorf, St. Margarethen, Müllendorf, Wöllersdorf usw. miocäner Nulliporenkalk („Leithakalk“) als wertvoller Baustein gebrochen wird und charakteristische Nulliporenstöcke geliefert hat (Abb. 48). Als diese Kalke abgelagert wurden, herrschte dort offenbar ein Klima, wie es sich am ehesten



Abb. 49. *Archaeolithothamnium* (Corallinaeae). Vertikaler Schnitt durch das Thallom. Sporangien-Höhlen sichtbar. Oberkreide von Indien. 75x



Abb. 50. *Diplopora annulata* Schafh. aus dem Wettersteinkalk (Ladinische Stufe der Alpinen Trias). Grünau im Almtal, Oberösterreich. Ausgewitterte Querschnitte der Alge. Natürliche Größe

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 im typischen Fall aus einer axialen Stammzelle, welche 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 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 Perlenschnur oder einem Schirm. Die Größe der Individuen beträgt nur wenige Zentimeter. Bei den geologisch ältesten Typen sitzen die Seitenäste regellos an der Stammzelle; bei den jüngeren ordnen sie sich zu

stockwerkartig übereinanderfolgenden Wirteln.

Was die zeitliche Verbreitung der Dasycladaceen anlangt, so reicht die Familie bis in das Ordoviciem 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 größtenteils aus Dasycladaceenresten. Die wichtigsten dieser Gesteine sind: Sarldolomit — Schlerndolomit — Wettersteinkalk (Abb. 50). Als besonders auffällige und in geologischer Hinsicht bemerkenswerte Dasycladaceen-Arten der alpinen Trias sind zu nennen: *Physoporella pauciforata*, *Diplopora philosophi*, *D. annulata*, *Teutloporella herculea*.

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 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 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 Sedi-mentbildner 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 (Gattung *Chara*) an erster Stelle. Es handelt sich bei diesen Grünalgen um ziemlich hoch organisierte Gewächse, die in ihrer äußeren Erscheinung an einen Schachtelhalm erinnern. Die von Zellschläuchen spiral umwundenen Oogonien (Eizellen) sind für diese Algen sehr charakteristisch. Man kennt eine große Anzahl solcher und ähnlicher Gebilde aus Sedimenten, deren Alter bis in das Paläozoikum zurückreicht. Offenbar sind die Charales eine sehr alte Algengruppe, deren Bedeutung als Kalkproduzentin freilich eine vergleichsweise geringe ist.

Das den Codiaceen nahestehende Genus *Vaucheria* gehört gleichfalls zu den Kalk abscheidenden Grünalgen.

Kalkabscheidungen lockerer Art, wie sie in Süßwässern vorkommen und als Tuffe bezeichnet werden, sind zum Teil auf Algen (Charales), 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 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 für den Menschen.

Ausgangsmaterial für die Bildung der Kohle war die Vegetation von Niedermooren. Die Gerüstbestandteile der Moorpflanzen unterlagen einem chemischen 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, die unter tropischen oder subtropischen Lebensbedingungen herangewachsen waren.

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, wie ein Blick in die Vergangenheit lehrt, 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 dem Wasserspiegel aufragenden 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 Tertiärs.

Es waren baumförmige Pteridophyten (Farnpflanzen s. l.), welche der Pflanzenwelt der carbonischen Kohlenwälder das Gepräge gaben und auch an der Entstehung der Kohle ihren Anteil hatten. Von den Teilgruppen die-

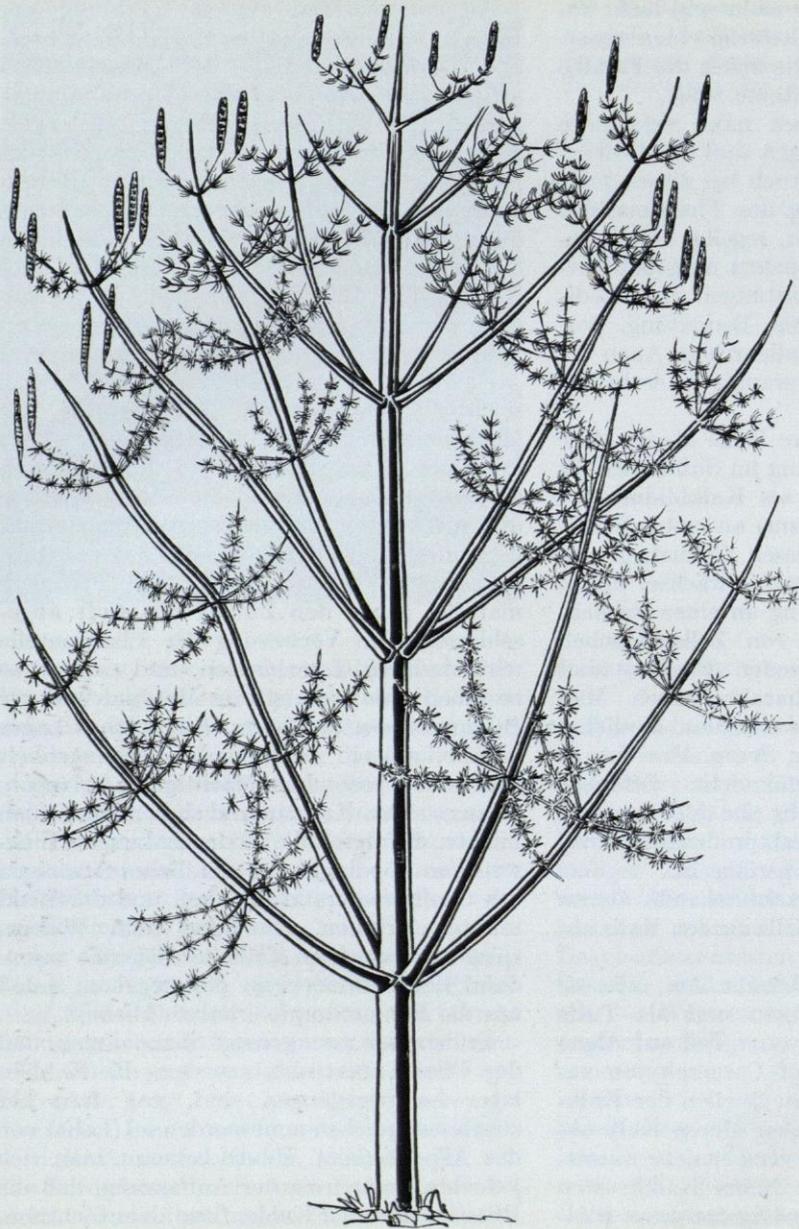


Abb. 51. *Calamites*. Rekonstruktion der ganzen Pflanze. verkl. auf 1:65

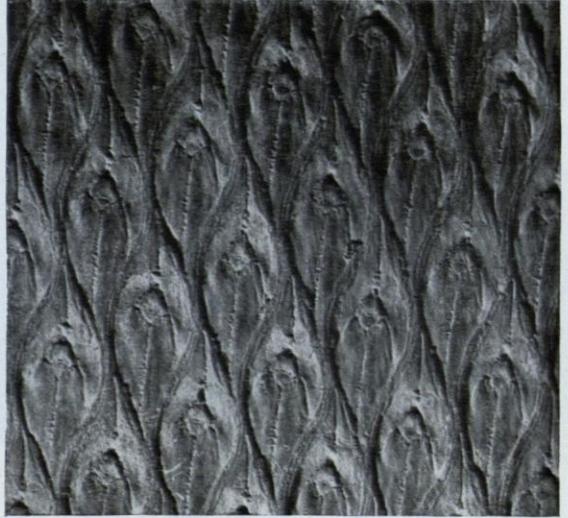
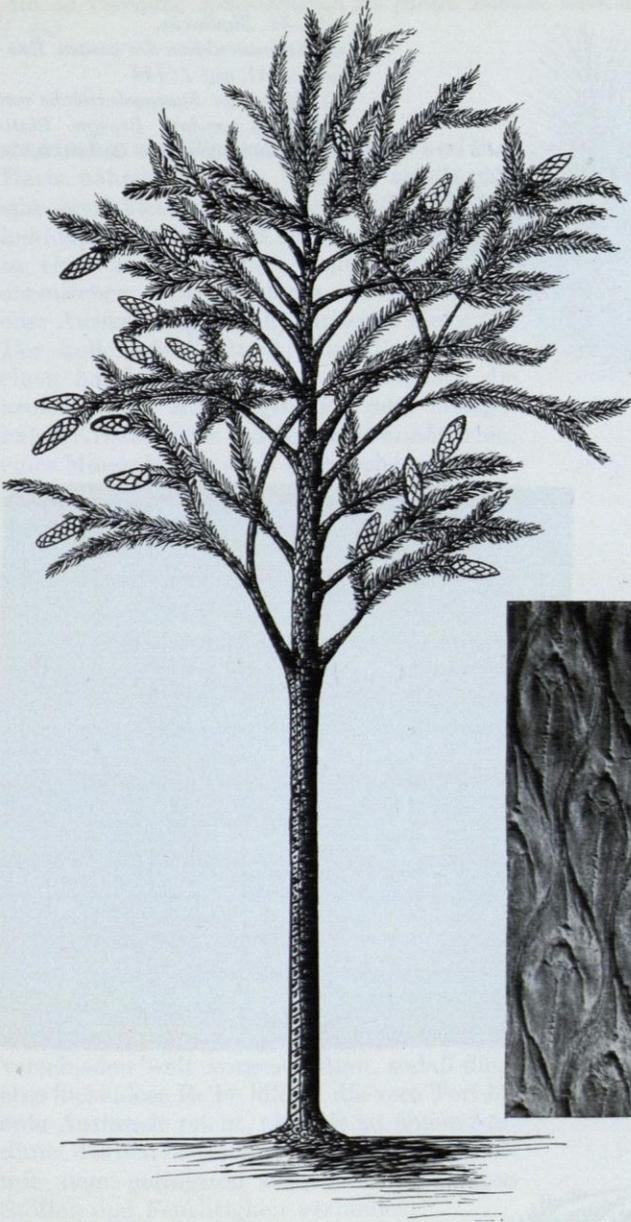
ser umfänglichen Einheit sind zunächst die Bärlappgewächse (Lepidophyten) zu nennen, vor allem die Gattungen *Lepidodendron* (Schuppenbaum, Abb. 52) und *Sigillaria* (Siegelbaum, Abb. 53). Dann lassen sich die Schachtelhalmgewächse (Articulaten) anreihen, als deren wichtigste carbonische Vertreter die Gattungen *Calamites* (Abb. 51) und *Sphenophyllum* zu gelten haben. Die aus unse-

rer heutigen Pflanzenwelt uns wohlbekannten Schachtelhalme (*Equisetum*) gehören in ihre Verwandtschaft. Die dritte Teilgruppe der carbonischen Pteridophyten bilden die eigentlichen Farne (Filicales). Zu den Nacktsamigen (Gymnospermen) zählen vor allem die Pteridospermen (Cycadofilicineen), welche in ihrer Organisation eine Mittelstellung zwischen den Farnen und den Cycadeen einnehmen,

Abb. 52. *Lepidodendron*.

a) Rekonstruktion des ganzen Baumes.
verkl. auf 1:150

b) Partie der Stammoberfläche von *Lepidodendron aculeatum* Sternbg. Blattpolster in Schraubenlinien angeordnet. Natürliche Größe



endlich die schlank aufragenden *Cordaites*-Bäume (Abb. 54) als die höchst spezialisierten Pflanzen des Steinkohlenwaldes.

Bei allen diesen Gewächsen handelt es sich um Typen, die an die klimatischen Bedingungen des tropischen Regenwaldes angepaßt waren. An den Steinkohlenflözen finden sich die Pflanzenreste in den Nebengesteinen konserviert, am vorzüglichsten in den knollen-

förmigen „Torfdolomiten“ der paralischen, in Meeresnähe gewachsenen Kohlenwälder.

Die tertiären Braunkohlenflöze kann man mit einiger Berechtigung als fossile Torflager ansprechen. Fast durchwegs stammen die angehäuften Hölzer, die man, soweit sie strukturbietend sind, als „Xylite“ bezeichnet, von Nadelbäumen, und zwar vorwiegend von den Gattungen *Sequoia* (*S. sempervirens*) und

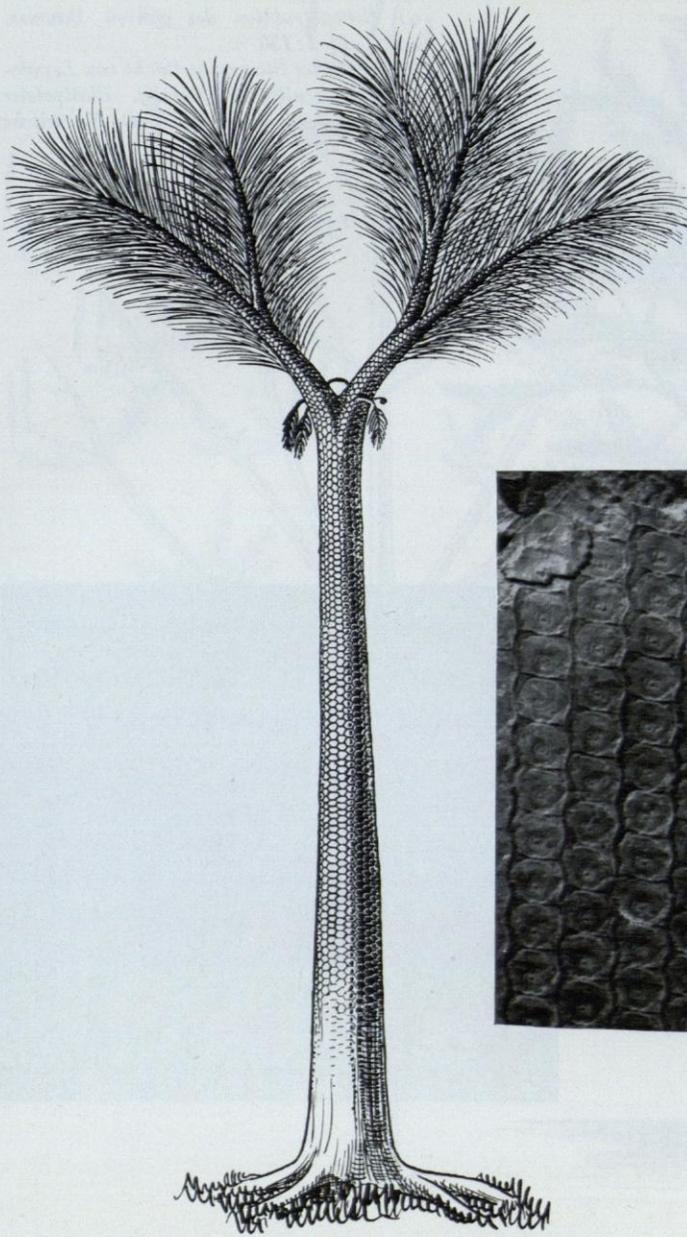
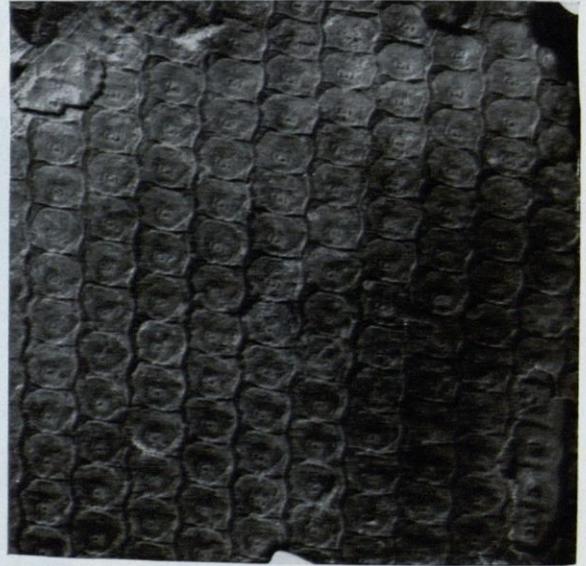


Abb. 53. *Sigillaria*.

a) Rekonstruktion des ganzen Baumes. verkl. auf 1:140

b) Partie der Stammoberfläche von *Sigillaria tessellata* Brongn. Blattpolster in senkrechten Reihen. 0,8×



Taxodium (*T. mexicanum*); in untergeordnetem Ausmaß sind die Monocotylen und die Dicotylen vertreten. Auch diese ganze Pflanzenwelt war unter einem wärmeren Klima herangewachsen.

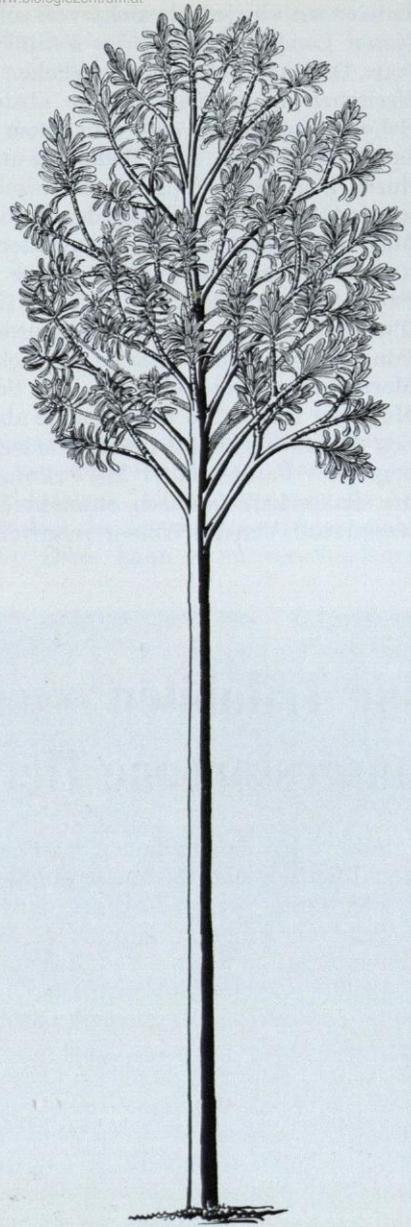
Über die chemischen Wandlungen, welche beim Heranreifen der Kohle nach und nach Platz gegriffen haben, ist folgendes zu sagen: Bei der Inkohlung wurde zunächst unter

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 zunehmend angereichert wurde. Im weiteren Verlauf der chemischen Umsetzungen ging die Huminsäure in die kolloidalen Humine über, und die Substanz wurde ärmer an flüchtigen Be-

standteilen 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 Ausmerzung der aliphatischen Moleküle. Der kolloidale Zustand ging allmählich 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 wichtigsten carbonischen Kohlenlager Europas einem besonderen tektonischen Ereignis, der variskischen Gebirgsfaltung, ihre Entstehung, während die im Bereich der Alpen gelegenen tertiären Lager ihren heutigen Zustand zum Teil 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.

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 verblieben 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 gänzlich geschwunden ist, sodaß es nur die Hohlräume sind, welche die Gestalt der Einschlüsse wiedergeben.

Zuletzt sei hier des Erdöls gedacht, das man als ein Gestein von flüssigem Aggregatzustand bezeichnen kann. Seine Herkunft leitet es wie die Kohle letzten Endes von

Lebewesen ab, jedoch nicht von solchen des festen Landes, sondern des marinen Planktons. Dieses besteht aus pflanzlichen wie auch tierischen 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; dieses Material besteht aus Kohlehydraten, Fetten und Proteinen und enthält 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 da-

mit die Existenz einer bodenbewohnenden Tierwelt, der die anfallenden Organismenreste als Nahrung dienen würden, ausschaltet. Es kommt zur Anreicherung organischer Stoffe. Diese werden weiters durch 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 Prof. 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 ist jene der Trilobiten, eine selbständige Gruppe der Gliederfüßer (Arthropoden), deren Ähnlichkeit mit Krebsen nur eine äußerliche ist. 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. 55), 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. 56), ist der Schwanzschild wesentlich kleiner als der Kopfschild; hingegen sind bei den geologisch jüngeren Trilobiten, wie z. B. *Dalmanitina*, beide Schilde 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

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1969

Band/Volume: [NF_005_2AL](#)

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

Artikel/Article: [Pflanzen als Gesteinsbildner. 42-54](#)