

Badische Landesbibliothek Karlsruhe

Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe

Badische Schulzeitung. 1860-1933 1928

5 (5.5.1928) Die Fortbildungsschule. Monatliche Beilage zur Badischen
Schulzeitung

Die Fortbildungsschule

Monatliche Beilage zur Badischen Schulzeitung.

Nummer 5 ★ Alle für die Beilage bestimmten Einwendungen an Fortbildungsschullehrer Karl Beck, Karlsruhe, Wehlfenstr. 40 ★

Mai 1928

Inhalt: Das Entstehen unserer wichtigsten Brennstoffe und ihrer Lagerstätten.

Das Entstehen unserer wichtigsten Brennstoffe und ihrer Lagerstätten.

J. Fischer, Pfohren.

Unsere Kohlen, die als Torf, Braunkohlen und Steinkohlen in so gewaltigen Lagern über die ganze Erde verbreitet sind, und die in Technik und Industrie als Brennstoffe eine so hochbedeutsame Rolle spielen, verdanken ihren Ursprung lebenden Wesen. Jedem von uns, der schon ein Stückchen Torf oder Steinkohle betrachtend in der Hand hielt, hat sich ganz gewiß die Frage aufgedrängt: wie entstanden die für unsere moderne Kultur so überaus wichtigen Brennstoffe? Aus welchen Materialien sind sie hervorgegangen und welche Vorgänge spielen bei ihrer Bildung eine Rolle? Wollen wir zur Lösung dieser Fragen gelangen, so müssen wir von den Vorgängen ausgehen, die sich heute noch in der Natur vor unseren Augen abspielen. Das Studium der fossilen Brennstoffe und ihrer Lagerstätten hat auszugehen bei den geologisch jüngsten Kohlen, beim Torf, der sich bekanntlich in Mooren, Sümpfen, flachen Seen usw. oft in mächtigen Lagern bildet.

Das wichtigste Gestein, das wir auf der Erde als natürliches Brennmaterial besitzen, ist die Steinkohle — und ganz besonders die Steinkohle der Steinkohlenformation „des produktiven Karbons“ aller Geologen. Sie findet sich in Lagern — von geringster Mächtigkeit bis zu vielen Metern answellend — zwischen Schieferungen, die mit Sandsteinschichten abwechseln. Steinkohlen gibt es auch in andern geologischen Formationen der Erde, z. B. im Perm, Keuper, Jura und namentlich im Tertiär; aber alle diese Vorkommen verschwinden gegenüber den ungeheuren Brennstofflagern der eigentlichen Steinkohlenzeit, deren Mächtigkeit an vielen Stellen der Erde auf Tausende von Metern answillt.

Die Steinkohlen waren der Menschheit bereits schon im grauen Altertum bekannt, und die Zahl der Forscher, die sich seit jenen Tagen die Frage nach deren Entstehung zum Brennpunkte ihres Forschens erhoben, ist groß. Bis ins späte Mittelalter hinein hielt man die Steinkohle für ein Mineral, das, wie andere Gesteine von Anbeginn der Erde vorhanden war. Anaximenes, der 588—524 v. Chr. lebte, erblickt in der Steinkohle eine Verdichtung der Luft, die zu Wasser, Erde und Steinen wird. Dieser Anschauung huldigten manche Autoren noch vor 150 Jahren. Während Agricola, Luthers Zeitgenosse, die Steinkohle für verdichtetes Erdöl hält, erkannte zur selben Zeit Val. Cordius ihren Ursprung aus dem Pflanzenreiche. Obwohl auch spätere Autoren, wie Scheuchzer, Beroldingen u. a. den Ursprung der Steinkohle als aus dem Pflanzenreich stammend, richtig erkannten, begegnen wir doch noch viel später den abenteuerlichsten Vorstellungen hinsichtlich ihrer Entstehung. Der erste, der die Kohle als einstigen Torf bezeichnete, der später über das Braunkohlenstadium in dasjenige der Steinkohle überging, war Beroldingen. Derselben Ansicht war Ad. Brongniart, der Vater der Paläobotanik. Aus vielen älteren Anschauungen spricht eine Verknüpfung der biblischen Sintflutlage mit der Entstehungsfrage der Kohlen, wie überhaupt mit geologischen Problemen. Die Sintflutvorstellung brachte verschiedene Autoren auf den Gedanken, daß die Kohlen aus zusammengeschwemmten Materialien bestehen und diese Hypothese wurde durch die Geologen Luel, Favol und Grand'Curry bis in die Gegenwart zu hohem Ansehen gebracht. Die drei letztgenannten Gelehrten müssen wir somit als die Begründer der Allochthonie (Bodenfremdheit) betrachten. Gegenüber den Anhängern der Allochthonie vertreteten andere Autoren die Ansicht, daß die Steinkohlen an Ort und Stelle entstanden seien, so besonders Pechold, der Begründer der Autochthonie (Bodenständigkeit). Ganz besonders wichtig sind die Arbeiten jener Autoren, die an der Kohle selbst nachzuweisen suchten, daß sie aus Pflanzenresten bestünde, sich genau so wie stark zersetzter Torf verhalte. Schon Link hatte 1858 auf Anregung des Geologen Leopold von Buch den Nachweis hierfür ge-

bracht. Im Jahre 1848 veröffentlichte Göppert als Preisschrift der holländischen Akademien eine umfangreiche Abhandlung zugunsten der Torftheorie. Wichtig sind ferner die Arbeiten der Amerikaner Logan und Rogers, die zuerst die Bedeutung der Stigmarien-Böden (underclays-Unterton der Engländer) im Liegenden der Kohlenflöze erkannten. Bertrand war der erste, der Untersuchungen an der Steinkohle in Dünnschliffen vornahm. Von bleibendem Werte jedoch ist die Abhandlung Gümbels „Textur der Mineralkohlen“, der für die zu jeder Zeit akuten Probleme in der Entstehungsfrage der Kohle: ob an Ort und Stelle entstanden, oder angeschwemmt, die heute allgemein gültigen Ausdrücke „autochthon“-bodenständig und „allochthon“-bodenfremd einführte. Neuerdings hat sich der größte Teil der Geologen zugunsten der Autochthonie entschieden. Besonders war es Potonié, der den Streit zugunsten der Autochthonisten entschied.

Wenn wir uns mit der Frage nach der Entstehung unserer Kohlen beschäftigen, so dürfen wir uns mit der Betrachtung der heutigen Moorbildungen nicht begnügen. Wir müssen auch die Vorgänge kennen lernen, die sich nach dem Absterben lebender Wesen in den organischen Substanzen abspielen. Hierbei treten uns vier chemische Prozesse entgegen: Verwesung, Vermoderung, Verrottung und Fäulnis. Bei der Verwesung geht eine Zersetzung organischer Stoffe vor sich, bei der nichts Festes übrig bleibt, keine kohlenstoffhaltigen Verbindungen, keine Produkte, die ein Kohlenlager zu bilden imstande wären. Alles geht in Gase über bei der Verwesung. Es entsteht Kohlendioxyd und Wasser.

Geht die Zersetzung unter nicht hinreichendem Sauerstoffzutritt vor sich, so bezeichnen wir diesen Prozeß als Vermoderung. Bei ihr findet eine vollständige Zersetzung in Wasser, Kohlendioxyd usw. nicht statt, sondern es bleibt immer ein kohlenstoffhaltiger Rest zurück. Die aus mangelnder Sauerstoffzufuhr zurückbleibenden Humusprodukte nennen wir Moder. Wir finden ihn besonders in feuchten Waldböden.

Ein sehr häufiger Zersetzungsprozeß ist die Verrottung. Durch sie werden organische Stoffe zunächst ebenso zersetzt wie beim Moder, also unter geringem Zutritt von Sauerstoff, aber nicht dauernd. Da aber in den Torfmooren das Wachstum der Pflanzen so fortschreitet, daß eine Anhäufung von Humus (Torf) dadurch stattfindet, daß die neuen Pflanzengeschlechter auf den in Zersetzung befindlichen Massen ihrer Vorgänger emporsprießen, so wird infolgedessen ein immer weiter gehender Abschluß für die in Zersetzung begriffenen Bestandteile und schließlich ein vollkommener Luftabschluß erreicht.

Aus dieser Tatsache können wir das Hauptfordernis für den vierten Prozeß, den der Fäulnis, ableiten. Fäulnis ist die Zersetzung organischen Materials unter völligem Luftabschluß.

In der Natur sind diese soeben besprochenen chemischen Vorgänge kaum einmal rein vorhanden, sondern gehen gewöhnlich ineinander über. Bei der Vermoderung und Verrottung wird Moder und Torf erzeugt. Hierbei findet eine Anreicherung des Kohlenstoffes statt. Es ist dies ein ungeheuer lang dauernder Prozeß, der als Inkohlung bezeichnet wird, im Gegensatz zur Verkohlung, bei der verhältnismäßig rasch Kohlenstoff entsteht. Ein Beispiel für die Verkohlung bietet die Holzkohlenbereitung in Kohlenmeilern, auch der Verkohlungsprozeß ist eine Art Verkohlung. Als Ursachen für die Bildung von Kohlenstoff, Holzkohle usw. in der Natur kommen in Betracht: Selbstentzündung und das Abbrennen organischer Körper, veranlaßt durch Blitzschlag. Die Inkohlung ist eine langsame Zersetzung, eine Selbstzersetzung, mögen auch am Anfang derselben lebende Wesen, wie Bakterien usw. mitarbeiten. Die Steinkohle ist also kein Kohlenstoff, abgesehen von Holzteilen, die sie

oft einschließt, sondern ein Gemenge fester Kohlenwasserstoffverbindungen. Es ist zu beachten, daß Steinkohlen zum Schmelzen gebracht werden können, sich hierbei aufblähen und als Rest beim Erhitzen unter Luftabfluß den porösen Koks — d. h. Kohlenstoff und Asche — ergeben, daß ferner viele Kohlen sich in gewissen Auslaugflüssigkeiten vollständig lösen lassen, was beides mit Kohlenstoff nicht möglich ist.

Das Material, aus dem der Torf hervorgeht, bezeichnen wir als Humus. Wenn es sich um die Entstehungsfrage der Kohlen handelt, dürfen wir unter Humus nicht etwa die schwarze Acker- oder Gartenerde verstehen, die landläufig als Humus bezeichnet wird, sondern das aus abgestorbenen Land- und Sumpfpflanzen nach unvollständiger Zersetzung hervorgegangene braune oder schwarze Material, das aus festen, flüssigen oder gelösten kohlenstoffhaltigen Bestandteilen besteht. Wir müssen uns jetzt auch daran gewöhnen, den rezenten Torf, wie die aus Torf entstandenen fossilen Braunkohlen und Steinkohlen als Humuskohlen zu bezeichnen.

Die Bildungsmaterialien für Humus sind meistens Landpflanzen, deren oberirdischen Teile an der Luft leben. Die hervorragendste Rolle in der Humusbildung spielen aber die Sumpfpflanzen — ausschließlich den echten Wasserpflanzen, den Faulschlammbildnern — die in nassem Boden wurzeln; denn die Hauptbildungsstätten des Humus sind Sümpfe, deren Wasser so ruhig ist, daß die für eine vollständige Verwesung nötige Sauerstoffzuführung ausgeschlossen ist. Es sind stagnierende Wasser, die fast genug sind, daß Sumpfpflanzen dort wachsen können. In solchen Wassern entstehen aus den absterbenden Pflanzen oft gewaltige Humuslager, die wir als Moore bezeichnen. Der Humus der Moore ist der Moortorf, der, wie wohl bekannt, kurzweg den Namen „Torf“ führt.

Unter den Produkten der Humusbildung sind einige in Wasser löslich. Man nennt diese löslichen Humusstoffe „Humusäuren.“ Diese werden von Flüssen und Bächen fortgeführt und färben deren Wasser dann schwarz. Früher nahm man an, daß aus solchen Gewässern, den „Schwarzwässern“, durch Niederschlag der löslichen Humusstoffe die Steinkohlen sich bildeten. Schwarzwässer sind in Brasilien häufig. Der Rio Negro verdankt der schwarzen Farbe seiner Wasser den Namen. Auch Kongo und Niger gehören zu den Schwarzwässern. Letztere sind in Deutschland und namentlich in Schottland sehr häufig.

Die Bildungs- und Lagerstätten der Humusgesteine sind die Moore. Ein Moor stellt ein Gelände mit einem mächtigen Torfboden dar. Wenn der Torf sich immer weiter bildet und anhöhht, so spricht man von einem lebenden Moor. Sobald durch künstliche oder natürliche Entwässerung die Torfbildung aufhört, ist das Moor tot. Torf bildet sich nur, wenn der Sauerstoff der Luft, der die Verwesung fördert, abgehalten wird, wo also die Zersetzung der Pflanzen und Pflanzenteile unter ruhigem Wasser stattfindet. Die im Entstehen begriffenen Torflagerstätten sind daher sumpfig und oft schwer zu begehen. Man unterscheidet zwei Hauptformen von Mooren, die Flach- und Hochmoore, und daneben als Mittelform die Zwischen- oder Übergangsmoore. Die beiden Haupttypen der Moore sind hinsichtlich ihres Pflanzencharakters sehr voneinander verschieden. Während die Flachmoore üppig aufwachsende Pflanzengestalten bergen, werden wir in den Hochmooren nur sehr kleine Pflanzen vorfinden. Die Flora der Zwischenmoore nimmt eine Mittelstellung ein. Wo sich ein Boden zur Bildung von Moortorf eignet, entsteht entweder ein Flach- oder ein Zwischen- oder ein Hochmoor. Es muß hier besonders betont werden, daß auf demselben Moorterrain die drei genannten Moortypen nacheinander in Erscheinung treten können.

In einem ruhigen Gewässer bildet sich zunächst Faulschlamm. Stellen wir uns ein solches Gewässer, z. B. einen größeren Weiher oder einen kleineren Flachsee vor. Im Wasser vermehrt sich der organische Schlamm von Jahr zu Jahr und erhöht dadurch dauernd den Seeboden, bis endlich an manchen Stellen die Faulschlammbildung inselartig über die Oberfläche des Wassers herausragt. Der Sumpf, der nun an die Stelle einzelner Flächen des Sees getreten ist, stellt ein tückisches, gefährliches Bereich dar, das niemand ungestraft betreten kann. Vom Ufer her kommen allmählich die Sumpfpflanzen heran, welche die aus dem Wasser ragenden Faulschlamminseln als Boden benutzen, und immer weiter sich vorschleubend, von der Wasserfläche Besitz ergreifen. Durch die am Rande des Wassers lebenden Sumpfpflanzen geht der See nunmehr seiner vollständigen „Verlandung“ entgegen, indem dieselben immer weiter nach der Mitte vorrücken, bis schließlich von dem immer kleiner werdenden Wasserspiegel nichts mehr übrig bleibt. An Stelle des Sees trat ein Gelände mit Torfboden; aus dem Sumpf ist ein Moor geworden. Ruhige Seen können auch durch Torfbildung von den Ufern aus verlanden. Von dort aus vermögen nämlich schwimmende Pflanzendecken ins Wasser hinaus-

zuwachsen, die infolge der Torfbildung schließlich so stark werden, um Menschen zu tragen, allerdings auf einem Untergrund, der sich in ständig schwingender Bewegung befindet. Schließlich wird aber die immer tiefer einsinkende Torflache so mächtig, daß der Boden zum Stehen kommt. Hiernach unterscheidet Potonié zwischen Schwing- und Standmooren.

Wo Wasserflächen vorhanden sind, deren Tiefe so gering ist, daß Sumpfpflanzen auf der ganzen Fläche von vorn herein im Untergrund zu wurzeln vermögen, so nennt man diese Sumpfmoores. Ihr Merkmal ist das Vorhandensein von offenem Wasser zwischen den Sumpf- und Moorpflanzen. Die Sumpfmoores sind meistens bewaldet. Im östlichen Teil Norddeutschlands finden sich häufig Sumpflachmoorwälder, die gewöhnlich Erlen-Sumpfmoores sind. Als Sumpfmoores bieten die ausgedehnten, am Unterlaufe des Mississippi und an der atlantischen Küste von Florida, Karolina und Virginia liegenden Moore, die sogenannten „Swamps“, ungeheure, von zahllosen Kanälen durchzogene Sumpfgelände, ein ausgeprägtes Beispiel. In ihnen gedeihen Lagodien (Sumpfpfeifen), Magnolien, Ahorn, Wachholder und vor allem Nussabäume. In den Tropen sind Moore seltener. Dort handelt es sich um Sumpflachmoore, die aus Mischwäldern der verschiedensten Pflanzenarten bestehen. Der überwiegende Teil der Geologen und Paläobotaniker bekennt sich heute zur Ansicht, daß die Steinkohlen- aber auch die Braunkohlenlager, sowie die Humuskohlenvorkommen anderer geologischer Formationen der Hauptsache nach nur fossile Sumpflachmoore sein können.

Zunächst wird der Faulschlamm am Ufer von einer Pflanzengemeinschaft besetzt, die man als „Verlander“ bezeichnet. Das Schilfrohr bildet an ruhigen Stellen ein die Ufer begleitende Vegetationszone. Hinter dieser Zone entwickelt sich landeinwärts aus Seggen oft ein sehr breiter Wiesenstreifen. In Norddeutschland findet schnell eine Bewaldung statt durch die Schwarzerle. Ein solches Erlen-Sumpfmoor kann oft mehrere Kilometer Breite erreichen. Der Boden des Erlenmoors wird von Sumpfpflanzen eingenommen. Schilfgras, Sumpfschwertlilie, breitblättriger Merk, Wasserfeder, Sumpfschachtelhalm usw., also lauter Pflanzen, die häufige Überschwemmungen gut vertragen, stehen in großen Beständen. Der Torf, der dauernd aus den absterbenden Pflanzen sich bildet, hebt das Gelände immer mehr über den höchsten Stand des Grundwassers hinaus. Die Sumpfpflanzen, die mit ihrem Fuß im Wasser stehen wollen, werden allmählich verdrängt und machen einer ganz anderen Untergrundflora Platz, die einen mehr trockenen Boden benötigt.

Mit dieser Entwicklungsstufe geht das Flachmoor in das Zwischenmoor (Übergangsmoor) über. Die Erlen verschwinden und an ihre Stelle treten die Birken. Allmählich machen die Moorbirken einem Mischwald Platz, der aus Nadelhölzern besteht, und zwar vorwiegend aus Kiefern. Im Zwischenmoor hat sich der Torf derart angehäuft, daß der Boden trocken geworden ist. Dementsprechend findet sich hier die Waldflora ein. Heidegewächse (Ericaceen) werden immer häufiger, namentlich der Sumpfporst in prachtvollen Sträuchern. Die Bäume werden immer kleiner; denn sie erhalten ja durch die fortschreitende Torfanhebung immer weniger Nahrung. Nach und nach werden nur noch solche Pflanzen den Boden bedecken, die sehr bedürfnislos sind, darunter in erster Linie das Torfmoos. Durch ihren Bau vermögen die Landtorfmoose das Tau- und Regenwasser in ihrem Körper in großer Menge wie ein Badeschwamm aufzusaugen. Sie erhalten dadurch die Fähigkeit, einen trockenen Boden zu durchnässen. So befinden wir uns auf einmal wieder in einem nassen Gelände, obwohl dessen Oberfläche bereits mehrere Meter über dem Wasserspiegel des Moores liegt. Der Torf wird nun fast ausschließlich von dem Torfmoos gebildet, und die Mooroberfläche entfernt sich immer weiter aus der Horizontalen des Wasserspiegels.

In diesem Hochgelände haben wir das Hochmoor vor uns. Dasselbe verdankt seinen Namen nicht etwa einer bedeutenden Höhenlage, sondern seiner flachkuppelförmigen, abglasartig über seine Umgebung herausragenden Oberfläche. Im Hochmoor sind die insektenfressenden Pflanzen zubaue. Die Hochmoorpflanzen entnehmen ihre Nahrung der Luft. Sie besteht aus Kohlendioxyd, Staub, Tau- und Regenwasser. Diese Nahrung reicht nicht aus, so üppige Pflanzenformen zu schaffen, wie sie das Flachmoor hervorbringt, ja nicht einmal diese kleinen Pflanzenformen genügend zu ernähren. Die Pflanzen sind unter diesen Umständen bemüht, alles in ihr Bereich Gelangende auszunutzen und entwickeln Anpassungsfähigkeiten, die es ihnen ermöglichen, die auf den Hochmooren lebenden Insekten zu fangen, um sie als Nahrung zu verwenden. Unter solchen Pflanzen spielen die über die ganze nördlich gemäßigten Zone verbreiteten Sonnentaupflanzen, die Drosera-Arten, eine Rolle. Alle typischen Moorpflanzen besitzen Stagenbau, d. h. sie sind in stände, nach dem Fortschreiten der Bodenanhöhung mitzuwachsen.

Auch noch in anderer Hinsicht besitzt unsere Hochmoorflora ein eigenartiges Gepräge. Auf unsern Hochmooren sind vorwiegend subarktische Pflanzen vorhanden. Besonders die seltenen unter ihnen kommen uns wie Fremdlinge vor, während sie in Wirklichkeit am längsten in den Hochmooren ihre Heimat haben. Sie sind die lebenden Zeugen einer längst verschwundenen Zeit, die unmittelbar auf die letzte Eisbedeckung folgte, als Norddeutschland Subglacialgebiet war. So stellen die heutigen Hochmoorpflanzen gleichsam ein Stück Vorwelt unter den Pflanzen der Gegenwart dar. Wenn wir eine Wanderung von einem Flachmoorgebiet durch ein Zwischenmoor bis zu einem Hochmoor unternehmen, so gleicht dieser kurze Weg im Hinblick auf die Reihenfolge im Auftreten der einzelnen Pflanzengruppen sozusagen einer Reise aus der warmen Zone bis über die nördliche Baumgrenze unserer Erde hinaus.

Wie unsere Hochmoorflora eine nordische ist, so deuten unsere Flachmoorpflanzen nach der entgegengesetzten Richtung, nach den Regenwäldern der Tropen. Wir besitzen nur einen Baum in unsern Flachmooren, die Schwarzerle, und diese ist nicht einmal vollkommen dem Moorleben angepasst. Je weiter wir uns aber den Tropen nähern, durch die Tarodien- und Nypfajumpmoore des mittleren Nordamerika, bis zu den tropischen Flachmoorsümpfen des Amazonas usw., um so üppiger wird uns die tropische Moorflora mit ihren zahlreichen Baumarten entgegen treten.

Groß ist die Zahl der Forscher, die sich immer wieder, namentlich in den letzten Jahrzehnten mit der Frage beschäftigten, ob die Reihenfolge: lebendes Material, Streu, Torf, Braunkohle, Steinkohle und Anthrazit den natürlichen Entwicklungsstadien der Humuskohle entspreche, d. h. ob aus Torf Braunkohle, aus dieser Steinkohle und aus letzterer Anthrazit im Verlaufe der Zeit und bei der fortschreitenden Umbildung des Gesteins entstehe. Entsprechend der Selbstzersehung entstehen wesentlich Wasser und Kohlendioxyd, Wasser solange, als Wasserstoff und Sauerstoff, und Kohlendioxyd und auch Kohlensäure solange, als noch Sauerstoff und Kohlenstoff vorhanden ist. Da der Sauerstoffgehalt immer mehr abnimmt, wird auch der Wassergehalt der bergfeuchten Kohlen immer geringer und dementsprechend die Ausscheidung von Kohlendioxyd. Braunkohle enthält in bergfeuchtem Zustande etwa 30 bis 50 v. H. Wasser, die Steinkohle des produktiven Karbons kaum noch 2 v. H., Anthrazit sogar nur noch $\frac{1}{2}$ v. H. In den Gasausdünstungen der Braunkohle überwiegt das Kohlendioxyd, was die Bergleute als „Schwaden“ oder „matte Wetter“ bezeichnen. Kohlendioxyd nimmt bei den weiter sich zersetzenden Kohlen immer mehr ab, und bei der Steinkohle überwiegt endlich Methan (Grubengas), während die Kohlendioxydproduktion stark zurückgetreten ist. Mit der Luft bildet das Grubengas explosive Gasgemenge, die unter dem Namen „schlagende Wetter“ oder „feuriger Schwaden“ von den Bergleuten so gefürchtet sind. Die Kohle wird demnach immer ärmer an Sauerstoff und reicher an Kohlenstoffen. Hieraus ist klar ersichtlich, daß in chemischer Hinsicht gegen vorstehende Reihenfolge der Entwicklungsstadien des Verkohlungsprozesses nichts einzuwenden ist. Sie wird durch alle übrigen Tatsachen unterstüzt, die klar darlegen, daß die Braun- und Steinkohlenlager einst Moore wie die heutigen Torflagerstätten gewesen sind.

Wenn daher die genannte Reihe so zusammengehört, daß durch den fortschreitenden Selbstzersehungsprozess, der sich in der Natur vollzieht, eine dauernde Anreicherung von Kohlenstoff in den Substanzen stattfindet, so liegt der Gedanke an ein mögliches Gelingen der Versuch nahe, Kohlen etwa durch Anwendung von Hitze und Druck unter Luftabschluß künstlich herzustellen, damit die entstehenden Destillationsprodukte teilweise zurückgehalten werden und eine unvollständige Verbrennung eintreten kann. Während der Inkohlungsprozess in der Natur ungeheuer lange Zeit beansprucht und sehr langsam vor sich geht, wäre dieses Verfahren ein beschleunigtes. Alexander Peholdt hat dies durch exakte Experimente schon 1841 in der Tat erreicht, indem er künstliche Steinkohlen aus frischem Holze herstellte und später, 1882 — auf künstlichem Wege entstandene Braunkohlen und Anthrazit beschrieben hat. Er folgert dies aus dem muscheligen Bruch, den ursprünglich mehr oder minder flüssig gewesene Substanzen nach ihrer Erhärtung aufweisen und der bei der Steinkohle eintritt. Dasselbe folgert Peholdt aus den sehr häufig zu beobachtenden prismatischen und kugeligen Absonderungsformen, die nur aus dem Schwinden einer weichen oder flüssigen Masse während ihres Festwerdens erklärt werden können. Die mikroskopische Untersuchung erbringt ebenfalls den Beweis für den ursprünglich weichen Zustand, da sich mit Gas gefüllte Bläschen finden.

Peholdt führte das Experiment zur Herstellung künstlicher Steinkohlen in der Weise aus, daß er die Zeit, die zur Entstehung natürlicher Kohlen erforderlich ist, durch künstliche Hitzewirkung ersetzte. Er ließ äußerst starkwandige, gußeiserne Büchsen an-

fertigen, deren jede luftdicht verschließbar war. In jede Büchse wurde ein Stück Birkenholz gesteckt. Nach Verschluss wurden die Büchsen in einer Grube mit zwei parallelen Wänden, die mit Eisenplatten ausgestattet waren, so eingeklemmt, daß die Deckel unmöglich weichen konnten, und dann wurde Feuer unter die Büchse gemacht. Nach Schluß des Experiments entnahm man den Büchsen eine schwarze, glänzende Masse, die kaum noch den halben Raum einnahm, den das Holz erfüllt hatte, nur sehr kleine Bläseräume enthielt, ein spezifisches Gewicht wie natürliche Steinkohle besaß und von jeder organischen Struktur entblößt war. Auch bei der vorgenommenen trockenen Destillation verhielt sich die Masse wie Steinkohle.

Aus dem Vorstehenden ergibt sich, daß die Steinkohle vor ihrer Entstehung weich war wie reifer Torf, was auf den Verkohlungsprozess schließen läßt; daß Braunkohle, Steinkohle und Anthrazit nur Stadien eines Prozesses in einem Urmaterial sind, das im Prinzip gleichartig zusammengesetzt ist, und daß endlich die folgende Kohlenart stets für stärkere Einwirkung und vor allem für längere Zeitdauer des fortschreitenden Prozesses spricht, als es bei der vorausgehenden der Fall war.

Für die vordiluvialen Kohlen läßt sich auf Grund unserer heutigen Kenntnisse aussprechen, daß die große Masse sowohl der tertiären Braunkohlen, als auch der Steinkohlen des produktiven Karbons, nichts als alte Moorbildungen und zwar mit den Eigenschaften unserer heutigen Flachmoore darstellend, sind also bodenständig oder autochthon. Was besonders für ihre Entstehung auf ihrem ursprünglichen Mutterboden spricht, ist die Tatsache, daß sich die Steinkohlenlager oft Hunderte von Quadratmeilen weit — namentlich in Amerika — in ziemlich reiner Beschaffenheit, also durchaus frei von verunreinigenden erdigen Beimengungen erstrecken. Das Pittsburger Steinkohlenlager in Pennsylvania, Ohio und Virginien schätzt man auf eine Fläche von rund 25 000 qkm ein, bei einer durchschnittlichen Mächtigkeit von 2 m. Wir könnten uns nicht vorstellen, wie ein Steinkohlenlager von solchen Dimensionen durch Anschwemmung entstanden wäre, da wir heute Kenntnis von sehr ausgedehnten autochthonen Torflagern besitzen.

Für die Bodenständigkeit spricht in erster Linie der Umstand, daß unterirdische Teile von fossilen Pflanzen sich noch in dem Boden befinden, in welchem sie einst lebten. Ein Beweis, daß diese aufrechten Baumstümpfe in der Tat an Ort und Stelle gewachsen sind, liegt darin, daß sie vielfach mit ihrem Wurzelstock noch in der sandigen oder tonigen Unterlage des Flözes, ihrem alten Mutterboden, verankert sind, wo sie die Moorbildung einleiteten. Wenn man einen Boden in der Richtung der ursprünglichen Horizontalen durchschlägt, so sieht man horizontal verlaufende, zylinderförmige, oft sehr plattgedrückte, stengel- oder stammförmige, wiederholt verzweigte Fossilien, die Stigmarien, welche die Baumstümpfe der Schuppen- und Siegelbäume, der hauptsächlichsten Baumriesen der Steinkohlenzeit, darstellen.

In dieser Erscheinung erblicken wir einen unwiderlegbaren Beweis dafür, daß die Stigmarien auch wirklich in den Schiefer-tonen gelebt haben, in denen wir sie heute finden.

Der sehr zähe Stigmarienschiefer zerschlägt sich mit sehr groben Bruchflächen und springt nach allen Seiten auseinander. Stigmarienschiefer findet sich an der Unterlage sehr vieler Carbon-Steinkohlenflöze. Das ist der unumstößliche Beweis dafür, daß die Stigmarien als unterirdische Organe zu dem Waldbestande gehörten, der die Moorbildung einleitete. Groß ist die Zahl der Bergleute, denen die zu Stigmarienschiefer gewordenen Stigmarienböden längst bekannt sind.

Waldböden, die noch mit Baumstümpfen besetzt sind, wurden schon häufig sowohl in der Steinkohlen- als auch in der Braunkohlenformation aufgedeckt. In Whiteinch bei Glasgow ist ein solcher Boden, der der Steinkohlenformation angehört, im sogenannten Viktoriapark als Naturschutzdenkmal erhalten geblieben und im Senftenberger Revier in der Niederlausitz kommen beim Abtau der Braunkohlen aufgedeckte Flächen mit solchen Baumstümpfen zutage. (Die Bilder dieser fossilen Stigmarienböden finden wir in jedem geologischen wie paläobotanischen Lehrbuche als besonders instruktive Beispiele für Autochthonie). In beiden Formationen waren es Waldmoore, die während der ganzen Dauer der Humusbildung bewaldet geblieben sind. Andere Braunkohlenlager besitzen Baumstümpfe bis zu ihrer oberen Fläche, wie dasjenige des Senftenberger Reviers, das sich absolut als fossiles Waldmoor zu erkennen gibt, da darin die Sumpfpresse, der charakteristische Baum der „Swamps“, der Flachsumpfsmoore an der atlantischen Küste der Union, fossil vorkommt.

In manchen Kohlenlagern geben horizontalliegende Baumreste, Stammstücke usw., Kunde von den gestürzten Baumriesen, die durch schnellere Einbettung, in welche sie durch ihren Sturz gerieten, er-

halten geblieben sind. Auch vom Wind niedergelegte Baumriesen kann man gelegentlich in Braunkohlenlagern beobachten. So beschreibt Potonié einen schönen Windwurf großer Stämme in der Grube Ilse des Senftenberger Reviers.

Als man die ungeheuren Treibholzmassen kennen lernte, die sich alljährlich im Unterlaufe des Mississippi bilden — Pflanzenansammlungen, die alle Bedingungen zur Entstehung mächtiger und ausgedehnter Kohlenlager in sich zu vereinigen schienen — gab man die Vorstellungen von der bodenständigen Kohlenbildung zugunsten einer bodenfremden d. h. einer Entstehung aus zusammengeschwemmten Pflanzenmassen, auf. Auch glaubte man, daß die pflanzlichen Stoffe teils im Meere in der Nähe der Küste, teils in Süßwasserbecken abgelagert worden seien.

Den oft hundertfältigen Wechsel von Kohlenflözen und Schichten von Schieferton, Sandstein oder Konglomeraten wollte man aus einem Wechsel von pflanzlichen Zusammenschwemmungen und Überschwemmungen erklären. Die Zusammenschwemmungen des Pflanzenmaterials sollten jedesmal eine Kohlenflöz, die Überschwemmungen aber ein Konglomerat-, Sandstein- oder Tonlager, erzeugen haben.

Werfen wir nun noch einen Blick in den Steinkohlenwald des produktiven Karbons! Denken wir uns auf einer Wanderung durch ihn begriffen! Wir würden uns kaum zurecht finden, wir ständen, und hätten wir alle Vegetationsgebiete unserer Erde durchwandert, vor einer Fülle der fremdartigsten und rätselhaftesten Erscheinungen. Es wäre uns fast bei allen Pflanzen unmöglich, sie in unser heutiges System einzugliedern. Am leichtesten würde uns dies noch mit den Riesenschachtelhalmen gelingen, deren schlanke, in vertikaler Richtung von unzähligen Kanälen durchzogene Stämme zum Hauptbestande der karbonischen Waldmoore gehörten. Noch heute gedeihen in den Urwäldern des Amazonas Schachtelhalme von respektablen Dimensionen; aber wie könnten wir es wagen, sie mit ihren Urvoorfahren im Karbon zu vergleichen? Die Schachtelhalme des produktiven Karbons waren wirkliche Bäume mit stark entwickelten, bis zu einem Meter dicken Holzstämmen, die freilich heute im Gestein so zusammengedrückt sind, daß sie versteinerten Brettern gleichen.

Schon viel größere Schwierigkeiten hätten wir mit den Farne. Die würden uns auf unserem Spaziergang in Sträuchern und Bäumen mit riesigen, oft bis zu drei Meter langen Wedeln begegnen, deren äußere Erscheinung uns an die Palmsarne der Tropen erinnern. Aber alle Farne, bei den kleinsten Vertreterin subarktischer Wälder angefangen, bis zu den haushohen Stämmen der Mittelamerikanischen Inselwelt sind Kryptogamen. Bis vor kurzem glaubte man auch die Farne der Steinkohlenzeit zu den Kryptogamen zählen zu müssen. Neuere Forschungen haben indessen ergeben, daß sie in der Fruchtanlage, sowie im anatomischen Bau des Stammes eher den Jukadeen (Sagobäumen) gleichen, als den Farne. Vielleicht stellen die Farne des Karbons eine Übergangsgruppe dar zwischen den Sporengewächsen und den nacktsamigen Blütenpflanzen.

Im Steinkohlenwalde wird uns auf unserem Weiterstreifen die Urform unserer Nadelholzgewächse, der Coniferen, begegnen, Bäume, die ihre Verwandtschaft in den heutigen Araukarien zu suchen haben. Sie sind uns unter dem Namen Cordaiten bekannt. Ihrem Aeußeren nach mögen sie uns halb an Tanne, halb an Palme erinnern: hohe reichverzweigte Bäume mit langen, schmalen Blättern (Nadeln) und kleineren Ähren von Blütenköpfchen. Sie gehören zu den stattlichsten Erscheinungen des Karbonenwaldes und dürften selbst die riesigen Bärlappbäume überragt haben.

Die fremdartigsten Formen des Steinkohlenwaldes, zugleich die wichtigsten und am meisten vorherrschenden, bleiben uns zur näheren Betrachtung noch übrig. Wo auf unserer Erde fänden wir in unsern Tagen moosartige Gewächse, die reich verzweigt und gegabelt, oder in schlanken Säulen zur Höhe unserer größten Urwaldriesen heranwachsen? Und welche sonderbare Eindrücke und Erhöhungen auf ihren Stämmen, daß es uns scheint, als wären sie nach streng geometrischen Schablonen angebracht oder eingepreßt worden! Zwei charakteristische Hauptformen fallen uns in dieser Hinsicht in die Augen. Hohe, oberhalb reich und mit Vorliebe gabelig verzweigte Stämme, die Blätter langlineal und einadrig an den dicken Zweigen der oberen Regionen der Baumkronen sitzend, die Fruchtkapseln stammbürtig und nutzlos. Wir haben in diesem Bärlappgewächs die Untergattung der Schuppenbäume vor uns. Der Name „Schuppenbaum“ ist hergenommen von der fischschuppenähnlichen Skulptur der Stämme, für die diese Bezeichnung, namentlich bei jüngeren Exemplaren oder bei Zweigen zutrifft. Die Stammoberfläche ist bedeckt mit in Schrägzeilen, also spiralig angeordneten, oft stark reliefartig vorspringenden Blattpolstern, die sich meist direkt berühren, manchmal aber auch

durch Bänder voneinander getrennt sind. Auf den Blattpolstern bemerkt man bei genauerem Hinsehen verschiedene Skulpturen und Narben, von denen jede ihre besondere Bedeutung und Funktion erfüllt und von denen sich die eigentliche Blattnarbe im oberen Teil des Blattpolsters besonders auffällig abhebt. An ihr erblicken wir noch die Abfallstelle des Blattes. Auf den Blattpolstern unter den Blattnarben befinden sich die Atmungsöffnungen des Stammes. Unter dem Namen „Lepidodendron“ versteht man schlechthin meist nur die Rindenabdrücke der Stämme, und nach besonderen Eigentümlichkeiten dieser und besonders der Polster, unterscheidet man die verschiedensten Arten dieser Pflanze, die im Karbonwald unsere Bewunderung erregt.

Die zweite hervorstechendste Form Sigillaria = Siegelbäume erreichen ebenfalls die Höhe und Dicke von Lepidodendron, unterscheiden sich aber dadurch von ihnen, daß sie sich weit geringer verzweigen oder kaum eine Verzweigung besitzen. Bei einigen Formen zeigt sich eine sehr einfache Gabelung, offenbar am Ende des Stammgipfels. Die Stämme, von der Basis zum Gipfel, meist sehr allmählich sich verzweigend, aber an der Basis manchmal sehr auffällig verdickt, zeigen wie die Schuppenbäume sehr auffällige Außenskulpturen.

Bei genauem Vergleich können wir uns überzeugen, daß wir es bei diesen uns so fremd anmutenden Baumformen mit Verwandten der Bärlappklasse zu tun haben. (Namentlich hinsichtlich des Baues der Sporenkapseln und in der Anlage und Gestalt der Blätter zeigt sich diese Übereinstimmung.) Aber unser heutiger Bärlapp und die nahe verwandten Moosfarne sind unscheinbare, am Boden kriechende Pflänzchen, die man jenen riesenhaften Beherrschern des Steinkohlenwaldes kaum an die Seite zu stellen wagt.

Hätte es in den Wäldern des produktiven Karbons keine anderen Pflanzen gegeben als Lepidodendron und Sigillaria, die Riesebärlappgewächse, so müßten diese dem Walde ein eigentümlich starres Aussehen gegeben haben. Die Lepidodendron gleichen mit ihrer spärlichen Belaubung eher riesenhaften Pflanzenstücken als frischen, grünenden Bäumen, und die Sigillarien mit ihren kerzengeraden, hoch oben in einen Blätterschopf endigenden Stämmen könnte man mit ungeheuren aufgezogenen Besen vergleichen. War der Karbonwald schön, so verdankt er es wohl nur der reichen Artigkeit seiner Farne, die überall zwischen den Lepidodendron und Sigillaria emporkrochen und deren starre Formen mit der Pracht ihrer palmartigen Wedel verhüllten.

Im Museum von Meisterwerken der Technik und Naturwissenschaften in München befindet sich ein Gemälde von W. Kranz, das nach den Angaben Potoniés für das genannte Museum gemalt wurde. Dieses Gemälde, dessen Abdrucke ja in jedem deutschen und ausländischen Lehrbuch der Geologie und Paläobotanik zu finden sind, und uns auch als Titelbilder in Potoniés Werken der Paläobotanik entgegentreten, veranschaulicht die Wunderwelt des Steinkohlenwaldes in hervorragender Weise.

Alle diese Ausführungen zeigen uns klar und deutlich, daß ein tieferes Eindringen in das Studium unserer heutigen Brennstoffe und ihrer Lagerstätten gewiß viele interessante Aufschlüsse über das Entstehen der fossilen gewährt. Alle Vorgänge und Prozesse, die in früheren, längst verschwundenen Perioden zum Werden so gewaltiger Brennstofflager beitrugen, können heute noch beobachtet werden. Unsere alltäglichen Vorgänge in der Natur und ihre genauen Beobachtungen setzen uns instand, die Rätsel einer längst verschwundenen Umwelt zu lösen. Darüber sind sich alle Geologen der Erde einig, daß die Gegenwart die beste Lehrerin geologischer Erkenntnis ist.

Quellennachweis: Folgende Werke und Lehrbücher wurden beim Studium benutzt:
Em. Kasper: Lehrbuch der allgemeinen Geologie, I. Band, 6. Aufl. Verlag Enke, Stuttgart.
Em. Kasper, Lehrbuch der geologischen Formationskunde, I. Band, 6. Aufl., Verlag Enke, Stuttgart.
K. A. Zittel, Handbuch der Paläontologie, V. Band, Paläophytologie, Schimper-Schenk, Verlag Oldenburg, München.
H. Potonié-W. Götthard, Lehrbuch der Paläobotanik, 2. Auflage, Borntraeger, Berlin.
H. Potonié-W. Götthard, Die Entstehung der Steinkohle und der Kautobiotithe überhaupt, 6. Auflage, Borntraeger, Berlin.
Handwörterbuch der Naturwissenschaften, Verlag Fischer, Jena.
Band V, Aufsatz: W. Götthard, Kohlen.
Band VII, Aufsatz: W. Götthard, Paläobotanik.
Band VIII, Aufsatz: W. Kegel, Karbonformation.
Band IX, Aufsatz: A. Steuer, Tertiärformation.
A. Stavenhagen, Kurzes Lehrbuch der anorganischen Chemie. Verlag Ferd. Enke, Stuttgart.

Konkordia A.-G. für Druck und Verlag, Babil (Baden). Direktor W. B e s e r.