

Paläobotanische Braunkohlenstudien.

Von Univ.-Prof. **Dr. R. Kräusel**

Korresp. Mitglied der Görlitzer Naturforschenden Gesellschaft.

Alter der deutschen Braunkohlen. Bedeutung für die floristische Erforschung der Tertiärflora. Rolle von Taxodium und Sequoia. Entstehung der Braunkohle. Swamp- und Trockentorfhypothese. Teumers Stubbenhorizonte von Senftenberg. Säkulare und instantane Senkungen. Untersuchungsmethoden. Kohlenpetrographie. Mazeration. Herstellung von Schliften und Schnitten. Chemismus der Kohlenbildung. Lignin- und Zellulosehypothese. Fossile Zellulose. Kautschuk in Braunkohle. Pollenanalyse der Braunkohle.

Gern leiste ich der Aufforderung der „Naturforschenden Gesellschaft“ Folge, einen Beitrag zu diesem „Braunkohlenheft“ ihrer Abhandlungen zu liefern. Dabei bedauere ich die Umstände, die mich zwingen, ihn ohne jedes literarische Hilfsmittel niederzuschreiben. Der Leser möge also wie manche Autoren verzeihen, wenn ein ausführliches Schriftenverzeichnis fehlt. Selbstverständlich sind die Ergebnisse einer ganzen Reihe verschiedener Untersucher berücksichtigt.

Braunkohlenlager sind in Deutschland überaus häufig und wohl ausnahmslos tertiären Alters. Das gilt auch von vielen anderen Gebieten, woher es kommt, daß man der „karbonischen“ Steinkohle die Braunkohle meistens als „Tertiärkohle“ schlechthin gegenüberstellt. Im Grunde ist das nicht richtig. Braun- und Steinkohle sind aus Pflanzensubstanz hervorgegangen und stellen gewissermaßen nur verschiedene Stadien des gleichen chemischen Umwandlungs-(Inkohlungs-)vorganges dar. Sein Ablauf ist aber nicht allein vom Alter abhängig. So gibt es junge Kohlen von Steinkohlencharakter und andererseits karbonische Kohlen, die eher als Braunkohle zu bezeichnen sind. Im allgemeinen gilt allerdings die Regel, daß die „Braunkohle“ tertiär ist, wobei in manchen Fällen noch strittig ist, welchem Abschnitt des Tertiärs die Lager zuzuweisen sind. Es gibt unzweifelhaft eozäne und oligozäne, ebenso jungtertiäre, d. h. pliozäne Braun-

kohlen. Wohl die meisten deutschen Vorkommen sind aber miozän. Das scheint auch für einige bislang dem Pliozän zugewiesene Flöze des Rheinlandes zu gelten. Jurasky¹⁾ konnte hier zeigen, daß an der Bildung dieser Kohlen Palmen weitgehend beteiligt sind, deren Anwesenheit noch im Pliozän aus klimatischen Gründen recht wenig wahrscheinlich ist.

Seit langem ist die Braunkohle der Gegenstand wissenschaftlicher Beobachtung. Wenn heute von Kohlenforschung die Rede ist, so denkt man dabei in erster Linie an chemische Untersuchungen. In der Tat gibt es in Deutschland eine Reihe von „Kohlen“- , im besonderen auch von „Braunkohlenforschungsinstituten“, die rein chemisch eingestellt sind und für die Praxis von höchster Bedeutung sind. Von ihren Arbeiten soll hier nicht die Rede sein. Unsere „Studien“ bewegen sich auf anderem Gebiete, wengleich sie den Anspruch erheben, über dieses hinaus zur Lösung einiger Fragen von allgemeiner Bedeutung beitragen zu können. Als ich mich vor einer Reihe von Jahren mit der Braunkohle zu beschäftigen begann und in der Sammlung des Görlitzer Museums wertvolles Material hierfür fand, handelte es sich darum, die Tertiärflora Schlesiens in ihrer floristischen Zusammensetzung zu erfassen.²⁾ Die zahlreichen Braunkohlenlager der Lausitz waren hierfür sehr geeignet, sind sie doch als die Torfmoore jener Zeit ganz aus mehr oder weniger zersetzten Pflanzenteilen aufgebaut. Allerdings meinte man lange Zeit, daß die Braunkohle verhältnismäßig arm an gut erhaltenen Pflanzenfossilien ist. Blattabdrücke, wie sie sonst die Hauptmasse der tertiären Fossilien bilden, sind darin in der Tat weniger häufig. Aber die schöne Arbeit Menzels³⁾ über die niederrheinischen Kohlen läßt erkennen, daß sich z. B. zahlreiche und mannigfaltige Früchte und Samen darin finden. Weit auffallender sind, ihrer Größe entsprechend, die Lignite, in ihrer Struktur oft noch ausgezeichnet erhaltene Baumstämme, die denn auch schon frühzeitig untersucht wurden.⁴⁾ Fast durchweg waren es Nadelhölzer. Man fand Kiefern und Fichten, ganz überwiegend aber einen anderen Holztypus, in dem man *Taxodium distichum*, die heute in den südöstlichen Niederungen Nordamerikas lebende Sumppresse, wiederzuerkennen glaubte.

Damit schien auch eine Erklärung für die Entstehung der mächtigen Braunkohlenlager gegeben zu sein, wie wir sie im Gebiet des Niederrheins und in den mitteldeutschen Tieflandsbuchten finden. Neben ihnen gibt es allerdings noch zahlreiche kleinere Flöze, oft ohne praktische oder nur von lokaler Bedeutung, die räumlich beschränkte Lager darstellen. Oft weisen sie eine sehr kennzeichnende Lagerung auf. Von linsenförmiger Gestalt, enthalten sie zu unterst eine Lage von

Kalk oder Diatomeen- (Kieselalgen-) erde. Dann folgt eine im stehenden Wasser abgesetzte Faulschlammbank, die nach oben dunkler wird und schließlich in die eigentliche Braunkohle übergeht. Im oberen Teile davon treten dann auch Lignitstämme auf. Wir haben da also ein durch Pflanzenwuchs langsam verlandendes Gewässer vor uns, dessen Moorbildung mit der Entwicklung eines Waldes ihren Abschluß fand. Die Braunkohle ist hier autochthon, d. h. an Ort und Stelle des Pflanzenwachtums gebildet worden. Im anderen Falle, wenn es sich um Pflanzentrümmer handelt, die durch Wasser transportiert und schließlich abgelagert worden sind, spricht man von allochthoner Bildung. Rein allochthone Braunkohle ist überaus selten. Ganz scharf wird sich die Trennung allerdings nicht immer durchführen lassen, denn auch in einem verlandeten See können schließlich allochthone Bestandteile eingeschwemmt werden und in den an sich autochthonen Torf eingehen. Wie so oft bei dem Versuch, die mannigfaltigen Naturvorgänge zu zergliedern und zu ordnen, ziehen wir auch hier scharfe Grenzen, wo in Wirklichkeit meist nur Übergänge vorhanden sind.

Auch die genannten großen Braunkohlenlager sind autochthon, doch lassen sie die Bedingungen ihrer Entstehung nicht so deutlich erkennen. Eines ist allerdings gewiß. Sie erreichen eine Mächtigkeit von 40 und mehr Metern, und eine derartige Torfbildung ist nur möglich auf einem allmählich sinkenden Landgebiete. Man spricht nicht gerade glücklich von „säkularer“ Senkung, wie sie allem Anschein nach in der Gegenwart im deutschen Nordseegebiete vor sich geht.⁵⁾ Wie aber war die Pflanzengesellschaft beschaffen, die diese gewaltigen Torflager bildete? H. Potonie⁶⁾ war es, der darauf hinwies, daß *Taxodium distichum* in Louisiana und Florida die „dismal swamps“ bildet, gewaltige Waldmoore, die dauernd oder doch einen großen Teil des Jahres von Wasser überflutet sind. Ein langsam sinkendes, von Sumpfcypressemooren bedecktes Tiefland, das war danach das Bild unserer Braunkohlengebiete zur Tertiärzeit; diese Vorstellung fand allgemeine Anerkennung und ist in alle Lehrbücher übergegangen.

Es wurde dabei übersehen, daß unsere Tertiärmoore von den swamps doch wesentlich verschieden waren. Die Sumpfcypresse der Gegenwart zeigt eine eigenartige Anpassung an ihren Lebensraum. Das Atembedürfnis der vom Wasser bedeckten Wurzeln hat zur Bildung kegelförmiger Auswüchse geführt, die, aus festem Holz bestehend, über die Wasserfläche hervorragen und namentlich bei Niedrigwasser einen eigenartigen Anblick gewähren.

Man hätte nun erwarten sollen, auch in der Braunkohle diese Atemwurzeln oder Pneumatophoren zu finden.

Sie unterscheiden sich durch ihre Anatomie eindeutig vom normalen Holze. Zum ersten Male sind sie jedoch erst vor kurzem von E. Hofmann fossil gefunden worden⁸⁾, aber auch da nicht in der Kohle selbst. Vielleicht ist auch ein seinerzeit von mir als „Maserknolle“ abgebildetes Stück als junge Atemwurzel aufzufassen. Das ist aber auch Alles! Die genaue Untersuchung der vorhandenen Lignite hatte schließlich das überraschende Ergebnis¹⁾⁹⁾, daß *Taxodium* unter den Ligniten in Wirklichkeit viel seltener vorkommt, als früher in Unkenntnis des genauen anatomischen Baues der Koniferen angenommen worden war, und daß weitaus die meisten Holzreste einem anderen Nadelbaum angehört haben. Er ist mit *Sequoia sempervirens*, dem „redwood“ Kaliforniens, identisch oder nächst verwandt. Dieser Baum ist unzweifelhaft als Hauptbraunkohlenbildner¹⁰⁾ anzusprechen, neben dem *Taxodium* nur eine beschränkte Rolle gespielt haben kann. Außerdem konnten noch andere Nadelbäume als Bestandteile des Braunkohlenwaldes nachgewiesen werden: Kiefern, Fichten und Lärchen, *Pseudotsuga*, die japanische Schirmtanne (*Sciadopitys verticillata*) u. a. m. Weiter zeigte sich, daß auch das Märchen vom Fehlen der Laubbäume — eben ein Märchen war. Allerdings sind sie meist viel schlechter erhalten, als die durch ihr Harz konservierten Nadelhölzer, und entgehen daher leicht der Beobachtung¹¹⁾. Namentlich in der sächsischen Braunkohle fand Schönfeld zahlreiche Laubhölzer, die zu den verschiedensten Familien gehören. Die Palmenfunde Juraskys¹⁾ wurden bereits erwähnt. Denkt man weiter an die zahlreichen Funde von Samen und Früchten, da und dort auch von Blättern, so ergibt sich daraus, daß der Anteil der Laubgewächse an der Waldbildung nicht unterschätzt werden darf. Denn selbst wenn einige dieser Reste streng genommen „allochthon“ sein mögen, so können sie doch kaum sehr weit verfrachtet worden sein und sind jedenfalls Bestandteile des in die Braunkohle eingegangenen Waldes gewesen.

Die Mehrzahl dieser Pflanzen sind nun aber keine Sumpfbewohner, vor allem nicht die Sequoien, womit die reine Swamp-Hypothese erschüttert scheint. Die Pflanzengesellschaft weist vielmehr auf einen verhältnismäßig trockenen Untergrund, jedenfalls keinen ständig von Wasser durchsetzten und überfluteten Sumpfboden. Demzufolge habe ich, Gothan und andere¹²⁾, den Standpunkt vertreten, daß die Braunkohlenmoore von Senftenberg usw. eben trockener gewesen sind, als H. Potonié angenommen hat, und daß die Torfbildung mindestens z. T. nicht unter, sondern über dem Grundwasserspiegel stattgefunden hat. In Anwendung der hierfür von H. Potonié geprägten Namen¹³⁾

„Trocken-“ und „Naßtorf“ hat man das als die *Trockentorfhypothese* bezeichnet. Unsere Ansicht ist heftig angegriffen worden, aber die Tatsachen sprechen eindeutig für sie. Im übrigen gilt auch hier die Regel vom goldenen Mittelweg. Es ist durchaus möglich, für mich sogar wahrscheinlich, daß unser Braunkohlenwald da und dort Swampcharakter besessen hat, nur war das ganz sicher nicht allgemein oder auch nur zum überwiegenden Teil der Fall.

Das vereinzelt Auftreten von *Taxodium* ist damit allein aber noch nicht erklärt. Schon gelegentlich einer vorläufigen Untersuchung der Lignite von Senftenberg¹⁴⁾ konnte ich zeigen, daß hier *Taxodium* mit *Sequoia* vergesellschaftet auftritt. Die sorgfältigen Beobachtungen Teumers¹⁵⁾ haben das bestätigt. Er konnte das Auftreten alter Waldböden, der „Stubbenhorizonte“ nicht nur im Hangenden und Liegenden des Flözes, sondern auch innerhalb desselben nachweisen. Hier stehen die Baumstümpfe noch in Reih' und Glied, wie sie einst wuchsen, alte neben jungen, *Sequoia* neben *Taxodium*. Wie ist das zu erklären? Gothan hat darauf hingewiesen, daß es gegenwärtig in Nordamerika noch eine zweite *Taxodium* art gibt (*T. mexicanum* = *T. mucronatum*), die alles andere denn ein Sumpfbewohner ist und daher auch keine Atemwurzel entwickelt. Im übrigen stehen sich beide Arten äußerst nahe und sind nach Belaubung und Holzanatomie nicht zu unterscheiden. Da glaubte Steinböck gewisse Unterschiede im Bau des Markes beider Arten gefunden zu haben¹⁶⁾ Das Mark des Senftenberger Tertiärtaxodiums war damals noch unbekannt, bis es Schönfeld gelang¹⁷⁾, Stücke mit erhaltenem Mark aufzufinden. Dieses zeigte den Bau von *T. mexicanum*! Allerdings ergab die gleichzeitige Untersuchung lebenden Materials, daß auch *Taxodium distichum* die gleiche Markausbildung haben kann, dann nämlich, wenn es (wie in vielen Kulturen) an trockeneren Standorten wächst. Wenn sich also auch nicht mit Sicherheit sagen läßt, das Senftenberger *Taxodium* ist *T. mexicanum*, so deutet der Befund doch erneut darauf hin, daß es eine auf trockenem Boden wachsende Form und sicher kein Sumpfbewohner war. Es lassen sich noch andere Gründe für unsere Auffassung anführen, so das Fehlen echter Faulschlammbildungen, der Zersetzungsgrad der Kohle, das Auftreten gewisser Pilze u. a., doch sei hierfür auf frühere Zusammenstellungen hingewiesen (Kräusel¹⁰⁾¹²⁾). Noch einmal sei aber betont, daß es sicher Braunkohlenbildungen gibt, deren Entwicklung einen anderen Gang genommen hat.

Recht verschieden sind die schon erwähnten Stubbenhorizonte von Senftenberg gedeutet worden. Wie weit solche auch anderwärts vorkommen, ist schwer zu sagen.

Holzreste, auch senkrecht stehende Stümpfe findet man zwar häufig, aber nur bei langandauernder täglicher Beobachtung während des Abbaues der Kohlen läßt sich die flächenhafte Ausdehnung und damit das Auftreten eines alten Waldbodens erkennen. In Senftenberg hat Teumer acht solcher Horizonte übereinander nachgewiesen. In ihnen stehen die Stümpfe sehr verschieden starker und, wie die Zählung der Jahresringe ergab, auch verschieden alter Bäume in gleicher Höhe nebeneinander. Daraus geht hervor, daß sie nicht etwa, wie ein phantasievoller Autor vermutet, auf einer Art schwimmender Torfdecke wuchsen, um diese schließlich infolge ihrer eigenen Schwere zu durchstoßen und im Sumpfe zu ersticken. Ebenso wenig aber können sie durch Anhäufung der an ihrem Fuße emporwachsenden Torfdecke begraben und abgetötet worden sein, denn alte und junge Bäume sind gleichzeitig vernichtet worden, wie ihre gleichlangen Stümpfe beweisen. Mit Recht meint Teumer, daß es hier wohl nur eine stichhaltige Erklärung gibt: Der Wald muß mehr oder weniger plötzlich durch eine Überflutung bezw. durch Steigen des Grundwasserspiegels vernichtet worden sein. Als Ursache dafür nimmt er „instantane“ Senkungen größeren Ausmaßes an, die den langsamen, aber stetigen Gang der säkularen Senkung zu wiederholten Malen unterbrechen. Bedenkt man, daß das Tertiär die Zeit gewaltiger tektonischer Vorgänge ist, deren Auswirkung sicher bis weit in das Vorland der bewegten Schollen reichte, so hat diese Annahme nichts in sich, was als unwahrscheinlich angesehen werden könnte.

Die Stubbenhorizonte entsproßen also den instantanen Senkungen, die Zwischenschichten dagegen den relativen Ruhestadien (säkulare Senkung). R. Potonié¹⁸⁾ glaubt, daß nur besondere Umstände die vorübergehende Entwicklung eines Waldes ermöglichten, dessen Reste dann eben als Stubbenhorizont erhalten geblieben sind, während in den — länger dauernden — Zwischenzeiten kein Waldwuchs vorhanden war. Danach würde die Hauptmasse der Kohle also nicht von Waldbäumen gebildet worden sein. Eine genaue Untersuchung der „amorphen“, besser zersetzten Braunkohle, wie sie namentlich von Schönfeld¹⁹⁾ durchgeführt worden ist, lehrt aber, daß auch in ihr zahlreiche Holzbruchstücke vorhanden sind, wie sich sowohl auf mikroskopischem wie chemischem Wege nachweisen läßt. Hieraus folgt, daß auch für die Zwischenzeiten das Moor im wesentlichen Waldcharakter besessen haben muß.

Fassen wir das alles zusammen, so ergibt sich folgendes Bild von der Entstehung einiger der größten und wichtigsten Braunkohlenlager. Sie nahmen ein altes, im Tertiär mit Wald bestandenes Tiefland ein, in dem eine *Sequoia*art vorherrschend war. Die Torfbildung erfolgte min-

destens zum Teil über dem Grundwasserspiegel („Trockentorf“), langsame Senkung brachte den Torf unter diesen und führte so zur Bildung mächtiger Torflager. Plötzliche Senkungen führten zeitweise Überflutungen herbei und gaben Gelegenheit zur Bildung von Stubbenhorizonten. Dann mag eine Zeitlang aquatische Torfbildung vorgeherrscht haben. Verließ sich das Wasser wieder infolge entgegengesetzt wirkender tektonischer Vorgänge, so blieben die Stümpfe der Waldbäume erhalten, so weit sie vom Torf umhüllt waren, und Waldwuchs sowie Torfbildung setzten erneut ein.

Andere Torflager geben sich deutlich als verlandete Seen zu erkennen, und die Möglichkeiten der Bildung von Braunkohlenlagern brauchen hiermit keineswegs erschöpft zu sein. Die Kohlenbildung ist in diesem Sinne eben kein einheitlicher Vorgang.

Es verlohnt sich wohl, einige Worte über die Untersuchungsmethoden zu sagen, deren Anwendung diese Ergebnisse gezeitigt hat. Genaueres darüber enthält mein soeben erschienener „Leitfaden“²⁰). Die fossilen Pflanzen und die aus ihnen bestehenden Sedimente bilden das Arbeitsmaterial der Paläobotanik. Aber während man sich früher damit begnügte, die Braunkohle nach makroskopisch sichtbaren Fossilien zu durchsuchen und diese nach ihrer Gestalt zu „bestimmen“, ist es heute möglich, auch weitgehend das Mikroskop anzuwenden. Am leichtesten läßt sich noch der Bau des Holzes erkennen. Tränkt man es mit einem Festigungsmittel, etwa Canadabalsam, so lassen sich Dünnschliffe anfertigen. Andererseits sind die Lignite mitunter so weich, daß sich kleine Splitter abschneiden lassen. Gute Schnitte sind allerdings fast stets erst nach vorhergehender Behandlung mit Chemikalien möglich, wobei die inkohlte Substanz aufgeweicht wird. Dann gelingt es sogar, ausgezeichnete Mikrotomschnitte herzustellen. Ein wichtiger Faktor für die Bestimmung fossiler Blätter ist ihre Anatomie. Sind sie als dünne Kohlehaut erhalten, so werden manche Strukturen durch Anwendung des Schulz'schen Gemisches (Salpetersäure, HNO_3 , und Kaliumchlorat, KClO_3) oder eines anderen Mazerationsmittels sichtbar. Bringt man nämlich das so behandelte Stück in Kalilauge (KOH), so geht ein Teil der Substanz in Lösung. Nur besonders widerstandsfähige Stoffe, wie das Cutin der Epidermis, bleiben schließlich übrig. Anordnung der Epidermiszellen, Gestalt und Verteilung der Spaltöffnungen, etwa vorhandene Haare oder Drüsen werden dann sichtbar. Ebenso verhalten sich Sporen und Pollenkörner, Pilzhyphen usw.

Mazerationspräparate und Dünnschnitte, schließlich auch Dünnschliffe lassen sich aber auch von der scheinbar amorphen Kohle selbst herstellen, wobei allerdings im letzten Falle vorherige Anwendung eines Kittmittels not-

wendig ist. Häufig bietet auch die Beobachtung an geschliffener Flächen in auffallendem Licht, etwa mit Hilfe eines „Erzmikroskopes“, große Vorteile. Auf diesem und ähnlichen Wegen hat man die Mikrostruktur der Kohle weitgehend aufklären können¹⁸⁾²¹⁾. So konnte Stach²²⁾ die Anwesenheit von Pilzsporen und Fruchtkörpern nachweisen, während Jurasky fand, daß die fädige „Fasciculitenkohle“ aus den Fasersträngen von Palmen besteht. Man hat diese Art der Kohlenuntersuchung als „Kohlenpetrographie“ bezeichnet¹⁸⁾, und es wäre nur zu wünschen, daß sie neben der rein chemischen Betrachtung mehr als bisher angewandt würde.

Wir müssen im Rahmen dieser Arbeit den Chemismus der Kohle beiseite lassen. Nur auf eine Frage sei hingewiesen, das ist der Streit, welcher Bestandteil des Pflanzenkörpers als Ausgangsmaterial des Inkohlungs Vorganges anzusehen ist. Lange Zeit hielt man die Zellulose dafür, bis Fischer und Schrader²⁴⁾ in den die Kohle bildenden Kohlenwasserstoffen Abkömmlinge des Lignin, also des Holzstoffes, zu sehen glaubten. Die Zellulose soll nach Fischer vollständig abgebaut werden, wofür er zunächst die Hilfe von Bakterien, später von gewissen Pilzen in Anspruch nahm. Wir wollen davon absehen, daß auch von chemischer Seite Einwände gegen Fischers Ansichten erhoben worden sind²⁵⁾. Auch die petrographische Untersuchung der Braunkohle lehrt, daß die einseitige „Ligninhypothese“ den Tatsachen widerspricht. Daß die Lignite „Braunkohle“ sind, ist vordem kaum bestritten worden. Sie enthalten aber sehr oft noch Zellulose, wie besonders R. Potonié gezeigt hat²⁶⁾, nachdem ältere Beobachtungen ähnlicher Art in Vergessenheit geraten waren. Unter besonderen Umständen kann sogar gerade das Lignin abgebaut werden und reine Zellulose übrig bleiben. Derartige „Zelluloseholzer“ sind als Sapperit beschrieben worden. Fischer meint allerdings, daß solche Stücke ebenso wie die zellulosehaltigen Lignite eben keine Kohle, sondern „mumifiziertes Holz“ seien. Das bedeutet aber eine Einschränkung des Begriffes „Kohle“ die wenig Beifall finden dürfte. Zudem hat ja die mikropetrographische Untersuchung gezeigt, daß auch am Aufbau der „amorphen“ Kohle Holz beteiligt ist, und in Übereinstimmung damit zeigt auch sie oft noch positive Zellulosereaktion. Wichtig sind für diese Frage auch die Versuche Wisbars²⁸⁾. Er gewann aus verschiedenen Braunkohlen strukturierte Zellulosefasern, die anatomisch völlig mit den Fasern der Baumwolle bzw. des Leins übereinstimmen. Daß mitunter auch Wachse und Harze am Aufbau der Kohle beteiligt sind, sei nur nebenbei bemerkt. Gothan und Marcusson²⁹⁾ konnten zeigen, daß die fädigen Gespinste der „Affenhaare“ in manchen Braunkohlen aus

Kautschuk bestehen und wahrscheinlich den Inhalt von Milch- oder Gummigängen irgendwelcher Kautschukpflanzen darstellen. In folgerichtiger Durchführung der Fischer'schen Ansicht ergäbe sich also, daß ein gut Teil unserer Braunkohle aus Dingen aufgebaut ist, die keine oder noch keine Kohle sind. Demgegenüber scheint es mir doch wohl richtiger, auch der Zellulose ihren Anteil an der Kohlenbildung zu belassen, wobei die Bedeutung der Ligninabkömmlinge ja garnicht gelegnet werden soll.

Ich möchte diese Betrachtungen nicht schließen, ohne auf eine andere Untersuchungsmöglichkeit hinzuweisen, die zwar bisher noch kaum auf die tertiären Kohlen angewandt worden ist, meines Erachtens hier aber zu wertvollen Ergebnissen führen kann. Das ist die Pollenanalyse. Diese hat ihren Ausgang von der Untersuchung diluvialer, vor allem nacheiszeitlicher und rezenter Moore genommen. Stets enthält der Torf zahlreiche Pollenkörner der gleichzeitig den Wald zusammensetzenden Bäume. Die Artenzahl unserer Waldbäume ist gering und sie sind mit wenigen Ausnahmen Windblütler, deren Blütenstaub vom Wind weithin getrieben wird. Im Torf aber blieben die Pollenkörner erhalten. Die mikroskopische Untersuchung des Torfes gibt also nicht nur über die Pflanzenwelt des Moores selbst Aufschluß, sondern bietet auch Hinweise auf den Bestand der zur Zeit der Torfbildung vorhanden gewesenen Wälder. Darüber hinaus haben aber zahlreiche, anfangs vor allem in Schweden durchgeführte vorgenommene Pollenzählungen den Nachweis erbracht, daß die relative Häufigkeit der einzelnen Pollenformen den Anteil widerspiegelt, den die betreffende Baumart an der Zusammensetzung des Waldes hatte. Änderungen im Waldbestand lassen sich also aus dem „Pollen-spektrum“ ablesen, sofern man die Pollen in verschiedenen Schichten eines Torflagers auszählt. Es kann hier nicht näher erörtert werden, wie bedeutungsvoll diese Pollenanalyse für die Erforschung der diluvialen und postdiluvialen Klima- und Florengeschichte Europas bereits geworden ist, mögen im Einzelnen auch noch manche Lücken vorhanden sein. Vorläufig ist die Untersuchung noch vollauf mit dem Postglazial beschäftigt, doch hat sie auch bereits einige interglaziale Schichten erfaßt. Sie wird dabei nicht stehen bleiben, und es ist nur eine Frage der Zeit, allerdings auch der vorhandenen Arbeitskräfte und Arbeitsmöglichkeiten, wann sie auf ältere Schichten ausgedehnt wird. Kein Materialist aber dann besser hierfür geeignet, als unsere Braunkohle, denn auch sie enthält den Pollen der tertiären Waldbäume. Erschwerend wirkt allerdings der Umstand, daß die

Artenzahl dieser Waldbäume anscheinend recht umfangreich war, und daß sie recht verschiedenen Familien angehört haben (Lauraceen, Magnoliaceen u. a.). So bereitet die Bestimmung der gefundenen Pollenformen noch große Schwierigkeiten. Aber sie sind zu überwinden, und so wird man denn auch die Wandlungen der tertiären Flora und des tertiären Klimas aus den Pollendiagrammen viel besser erschließen können als es auf anderem Wege möglich ist. Die Altersstellung mancher Braunkohlenflöze und ihre Parallelisierung ist heute vielfach noch umstritten. Auch da wird die Pollenanalyse der Braunkohle eine brauchbare Unterlage liefern und so zur Lösung allgemein geologischer Fragen beitragen können.

So bietet die paläobotanische Untersuchung der Braunkohle noch eine Fülle von Arbeitsmöglichkeiten für die Zukunft. Vielleicht ist es gerade in unserer Gesellschaftsschrift angebracht, darauf hinzuweisen, daß sich dabei Ergebnisse allgemeinerer Art nur aus einer großen Anzahl einzelner und lokaler Beobachtungen gewinnen lassen werden.

Schriftenverzeichnis.

1. **Jurasky, K. A.** Aufgaben und Ausblicke für die paläobotanische Erforschung der niederrheinischen Braunkohle. Braunkohle Bd. 27. 1928.
2. **Kräusel, R.** Die Pflanzen des schlesisch, Tertiärs. Jahrb. Preuß. Geol. L. A. 38, II für 1917. 1919.
 - Nachträge zur Tertiärflora Schlesiens. Jahrb. Preuß. Geol. L. A. f. 1918: 39 I, f. 1919: 40 I, 1920.
 - Zur Tertiärflora Schlesiens. Jahresber. Schles. Ges. Vaterl. Kultur. 1917.
 - Nachträge zur Tertiärflora Schlesiens. Jahresber. Schles. Ges. Vaterl. Kultur. 1917.
 - Zur Kenntnis der deutschen Tertiärfloren. Naturw. Wochenschr. N. F. XVI. 1917.
3. **Menzel, P.** Beitrag zur Flora der niederrheinischen Braunkohlenformation. Jahrb. Preuß. Geol. Landesanstalt. XXXIV, 1. 1913.
4. **Goepfert, H. R.** Monographie fossiler Koniferen. Leiden 1850.
5. **Schütte, H.** Küstenbewegungen an der deutschen Nordsee. Aus d. Heimat 1927.

6. **Potonié, H.** Die Entstehung der Steinkohle. Naturw. Wochenschr. N. F. IV, 1. 1905.
 — Die Steinkohle, ihr Wesen und Werden. Bücher der Naturwissenschaft. 30 Bd. Herausgeg. von R. Potonié 1921.
7. **Kräusel, R.** Die Entstehung d. Braunkohle, ein altes und doch neues Problem. Aus Nat. u. Mus. 55. III. 1925.
 — Werdegang einiger ostdeutscher Braunkohlenlager. Ostdeutsch. Naturwart IV. 1925.
8. **Hofmann, E.** Vergleichende anatomische Untersuchungen an rezenten Pneumatophoren von *Taxodium distichum* sowie an fossilen Pneumatophoren aus Parschlug in Steiermark. Berg- u. Hüttenmänn. Jahrb. 75, III. 1927.
9. **Gothan, W.** Über Braunkohlenhölzer des rheinischen Tertiärs. Jahrb. Preuß. Geol. L. A. XXX. 1 Heft 3, 1909.
 — Neues von den Braunkohlenmooren der Niederlausitz. Braunkohle XIX, Nr. 47, 1921.
10. **Kräusel, R.** Ist *Taxodium distichum* oder *Sequoia sempervirens* Charakterbaum der deutsch. Braunkohle? Ber. Deutsche Bot. Ges. 39, VII. 1921.
 — Neuere Untersuchungen über die Entstehung der Braunkohle. Naturwiss. XIII, 7. 1925.
11. — **u. Schönfeld, G.** Fossile Hölzer aus der Braunkohle von Süd-Limburg. Abhandl. Senckenb. Naturf. Ges. XXXVIII, 3. 1924.
12. **Gothan, W.** Paläobiologische Betrachtungen über die fossile Pflanzenwelt. 1924.
 — Neue Ansichten über die Bildung von Braunkohlenflözen. Ber. Deutsch. Bot. Ges. 42, Heft 2. 1924.
- Pietzsch, K.** Die Braunkohlen Deutschlands. In Handbuch der Geologie u. Bodenschätze Deutschlands. III. Abtl. 1925.
- Kubart, B.** Beiträge zur Tertiärfloora der Steiermark. Arbeiten des phytopaläont. Labor. Graz 1924.
- Kräusel, R.** Zur „Sumpfloornatur“ der mitteldeutschen Braunkohle. Centralbl. f. Min. usw. B. 5 u. 6, 1925.

13. **Potonié, H.** Die rezenten Kaustobiolithe und ihre Lagerstätten. Abhdl. Kgl. Pr. Landesanst. N. F. 6. 1920.
14. **Kräusel R.** Paläobotanische Notizen I—III (Über die Lignite von Senftenberg). Senckenbergiana II, 55 I—IIIa, 1908—15.
15. **Teumer, Th.** Was beweisen die Stubbenhorizonte in den Braunkohlenflözen? Jahrb. Hallesch. Verb. III. 1922.
16. **Steinböck, H.** Über den anatomischen Bau des Markkörperseineriger Koniferenhölzer. Arb. phytopal. Lab. Graz 3. 1926.
17. **Schönfeld, G.** Das Taxodium unserer Braunkohlenwälder. Senckenbergiana VII. 1, 2. 1925.
18. **Potonié, R.** Einführung in die allgemeine Kohlenpetrographie. Berlin 1924.
19. **Schönfeld, G.** Zersetzungserscheinungen an fossilen Hölzern und ihre Bedeutung für die Genesis der Braunkohlenflöze. Mit Vorwort von R. Kräusel. Im Druck.
20. **Kräusel, R.** Die paläobotanischen Untersuchungsmethoden. Fischer, Jauer 1928 (im Erscheinen).
21. **Stach, E.** Kohlenpetrographisches Praktikum, Berlin 1928.
22. — Zur Petrographie und Entstehung der Peißenberger Braunkohle. Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges. Abh. 77. 1925.
23. **Jurasky, K. A.** Paläobotanische Studien I. Senckenbergiana X, 1. 2. 1928.
24. **Fischer, F. u. Schrader, H.** Entstehung und chemische Struktur der Kohle. Kais.-Wilh.-Institut. f. Kohlenforschung, Mülheim-Ruhr 1922.
25. **Weyland, H.** Die chemischen Vorgänge bei der Entstehung der Kohlen. Naturwiss. 30. 1927.
26. **Potonié, R.** Der mikrochemische Nachweis fossiler kutininsierter und verholzter Zellwände sowie fossiler Zellulose und seine Bedeutung für die Geologie der Kohle. Jahrb. Preuß Geol. L.-A. XLI, 1, 1920.

27. **Gothan, W.** Ein Fund natürl. Zellulose im Miocän des Niederlausitzer Braunkohlenreviers. Ztschr. Deutsch. Geol. Ges. 74, Ber. 5—7, 1922.
- 28 **Wisbar, G.** Nachweis von Zellulose in Form von guterhaltenen Baumwoll- u. Leinenfasern (wie Samenhaare von *Gossypium* und Bastzellen von *Linum*) in deutscher Braunkohle. Braunkohle 22. 1924.
29. **Gothan, W.** Ergänzungen zu den Beobachtungen über die fossilen Kautschukrinden der ält. Braunkohle. Centralbl. f. Min. usw. B. Nr. 6. 1927.
- Marcusson, J.** Lignin- und Oxycellulose theorie. Mitteil. a. d. Staatl. Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem 1926.
30. **Kräusel, R.** Neuere Arbeiten über die nachtertiäre Florengeschichte. N. Jahrb. f. Min. etc. III, 1928.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Abhandlungen der Naturforschenden
Gesellschaft zu Görlitz](#)

Jahr/Year: 1928

Band/Volume: [30 2](#)

Autor(en)/Author(s): Kräusel Richard

Artikel/Article: [Paläobotanische Braunkohlenstudien 145-157](#)